

PCT

世界知的所有権機関
国際事務局

特許協力条約に基づいて公開された国際出願



(51) 国際特許分類6 G02B 5/32, 5/30, 5/18, G02F 1/13, G11B 7/135, G09F 9/00, G03H 1/04, H04N 5/74, 9/31, G02B 3/00, F21V 8/00, G02F 1/1333		A1	(11) 国際公開番号 WO99/24852
		(43) 国際公開日 1999年5月20日(20.05.99)	
(21) 国際出願番号 PCT/JP98/04701		蔵富靖規(KURATOMI, Yasunori)[JP/JP] 〒669-1324 兵庫県三田市ゆりのき台1-1 L棟101 Hyogo, (JP)	
(22) 国際出願日 1998年10月16日(16.10.98)		(74) 代理人 弁理士 大前 要(OHMAE, Kaname) 〒540-0037 大阪府大阪市中央区内平野町2丁目3-14 ライオンズビル大手前2階 Osaka, (JP)	
(30) 優先権データ 特願平9/283330 1997年10月16日(16.10.97) JP 特願平9/283332 1997年10月16日(16.10.97) JP 特願平9/319340 1997年11月20日(20.11.97) JP 特願平9/327769 1997年10月28日(28.11.97) JP 特願平9/335352 1997年12月5日(05.12.97) JP 特願平9/359583 1997年12月26日(26.12.97) JP 特願平10/10215 1998年1月22日(22.01.98) JP 特願平10/10195 1998年1月22日(22.01.98) JP 特願平10/54666 1998年3月6日(06.03.98) JP		(81) 指定国 KR, US, 欧州特許 (DE, FR, GB).	
(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) 松下電器産業株式会社 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.)(JP/JP) 〒571-8501 大阪府門真市大字門真1006番地 Osaka, (JP)		添付公開書類 国際調査報告書	
(72) 発明者 ; および (75) 発明者 / 出願人 (米国についてのみ) 荻原昭文(OGIWARA, Akifumi)[JP/JP] 〒573-1105 大阪府枚方市南楠葉2-7-9 Osaka, (JP)			
(54)Title: HOLOGRAM ELEMENT POLARIZATION SEPARATING DEVICE, POLARIZATION ILLUMINATING DEVICE, AND IMAGE DISPLAY			
(54)発明の名称 ホログラム素子、偏光分離素子、偏光照明装置および画像表示装置			
(57) Abstract An image display serving to the maximum the function of effectively increasing the numerical aperture of a microlens array formed on an image displaying element and displaying a highly uniform, bright image with a high projection efficiency, characterized in that hologram elements (12-14) fabricated by allowing the object light which is a generally parallel beam to interfere with the reference light which has a wave front approximately equivalent to that of the output light beam from illuminating means for collecting and propagating a first light beam emitted from light emitting means, the object light is a generally parallel object beam is used, so that the image display is provided with means for illuminating the hologram elements, and image display displaying elements (6-8) for displaying an image by modulating the output light beams from the hologram elements, and that the image displaying element has microlens corresponding to the respective pixels, and each microlens has a function of focusing the incident beam almost onto an opening portion of a pixel.			

(57)要約

画像表示素子に形成されたマイクロレンズアレイの開口率を実効的に高くする機能を最大限に発揮し、均一性が高いだけではなく、投写効率の高い明るい画像表示装置を構成するために、物体光と参照光を干渉させて作成され、かつ前記物体光が略平行な物体光束であり、前記参照光が発光手段から発せられる第1の光束を集光、伝搬させる照明手段からの出力光束と略等価な波面を有する参照光束であるホログラム素子12~14を用い、ホログラム素子を照明する手段と、ホログラム素子の出力光束を変調することで画像を表示する画像表示素子6~8を具備し、前記画像表示素子は各画素に対応するマイクロレンズを備え、マイクロレンズは、入射した光束を概ね画素の開口部分に収束せしめる機能を有することを特徴とする。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード(参考情報)

AE アラブ首長国連邦	ES スペイン	LI リヒテンシュタイン	SG シンガポール
AL アルバニア	FI フィンランド	LK スリ・ランカ	SI スロヴェニア
AM アルメニア	FR フランス	LR リベリア	SK スロヴァキア
AT オーストリア	GA ガボン	LS レソト	SL シェラ・レオネ
AU オーストラリア	GB 英国	LT リトアニア	SN セネガル
AZ アゼルバイジャン	CD グレナダ	LU ルクセンブルグ	SS スワジランド
BA ボスニア・ヘルツェゴビナ	GE グルジア	LV ラトヴィア	TD チャード
BB バルバドス	GH ガーナ	MC モナコ	TG トーゴ
BE ベルギー	GM ガンビア	MD モルドヴァ	TJ タジキスタン
BF ブルキナ・ファソ	CN ギニア	MG マダガスカル	TM トルクメニスタン
BG ブルガリア	GW ギニア・ビサオ	MK マケドニア旧ユーゴスラヴィア	TR トルコ
BJ ベナン	GR ギリシャ	共和国	TT トリニダード・トバゴ
BR ブラジル	HR クロアチア	ML マリ	UA ウクライナ
BY ベラルーシ	HU ハンガリー	MN モンゴル	UG ウガンダ
CA カナダ	ID インドネシア	MR モーリタニア	US 米国
CF 中央アフリカ	IE アイルランド	MW マラウイ	UZ ウズベキスタン
CG コンゴ	IL イスラエル	MX メキシコ	VN ヴェトナム
CH スイス	IN インド	NE ニジェール	YU ユーゴスラビア
CI コートジボアール	IS アイスランド	NL オランダ	ZA 南アフリカ共和国
CM カメルーン	IT イタリア	NO ノールウェー	ZW ジンバブエ
CN 中国	JP 日本	NZ ニュー・ジーランド	
CU キューバ	KE ケニア	PL ポーランド	
CY キプロス	KG キルギスタン	PT ポルトガル	
CZ チェコ	KP 北朝鮮	RO ルーマニア	
DE ドイツ	KR 韓国	RU ロシア	
DK デンマーク	KZ カザフスタン	SD スーダン	
EE エストニア	LC セントルシア	SE スウェーデン	

明 細 書

ホログラム素子、偏光分離素子、偏光照明装置および画像表示装置

5

技 術 分 野

本発明は、明るく、高品位な画面を表示する画像表示装置及び該画像表示装置に用いるホログラム素子に関するものである。

10 また、入射光束を異なる偏光成分に分離する偏光分離素子及びそれを用いて構成され、画像を投写して表示する投写型画像表示装置に関するものである。

また、偏光分離素子を用いて偏光方向が揃った均一な照明光を得る偏光照明装置及び偏光照明装置から出射された偏光光をライトバルブにより変調して映像を拡大表示する投写型表示装置に関するものである。

15 また、画像表示用のモニター、携帯情報端末用の表示装置、車載用または個人ユース用のヘッドアップディスプレイ、及び道路交通標識または情報表示等に使用される画像表示装置および照明光用の照明装置に関するものである。

20 また、レーザ光を用いて光ディスクや光磁気ディスク等の光記憶媒体に記録される情報の記録や読み出し等を行うための光ヘッドや光ピックアップ等を含む光情報処理装置及びそれに使用される回折光学素子に関するものである。

25

背 景 技 術

らの光を画像表示素子によって輝度変調し、スクリーン上に拡大投影する投射型画像表示装置の開発が進められている（例えば、オープンサイー、1993年8月号、58項-101項）。

図1に従来の一般的な画像表示装置であり、画像表示手段として
5 液晶パネルを用いた構成例を示す。ランプ2からの出力光3をリフレクター4で反射し、出力光束5を集光光学系（図示せず）により集光、伝搬し、色分離のためのダイクロイックミラー12、13により赤色、緑色、青色の3原色に分離し、全反射ミラー14、コンデンサーレンズ15を介して液晶パネル16～18に入射せしめる。
10 る。

液晶パネル16～18により変調された出力光は、色合成のためのダイクロイックプリズム（図示せず）もしくは、ダイクロイックミラー19、20及び全反射ミラー14により合成され、投射レンズ9によりスクリーン（図示せず）上に拡大投射される。

15 上記液晶パネル16～18等は、主に透過型、反射型に区別されるが、いずれも偏光板もしくは偏光ビームスプリッタ（以下PBSと略記する）を介して入射される特定の直線偏光光を、液晶材料により変調することにより画像を表示する。

また液晶パネル16～18は一般的には各画素を駆動するための
20 スイッチング素子として薄膜トランジスタ（以下TFTと略記する）を各画素に配置したアクティブマトリックス方式が主流であり、TFTは多結晶ポリシリコンで形成されるのが一般的である。

また、他の従来の一般的な画像表示装置の構成例を図2に示す。
ランプ22からの出力光をリフレクター23で反射後、第1の蠅の
25 目レンズ24、第2の蠅の目レンズ25からなるインテグレータ、折り返しミラー29によって伝搬し、さらに色分離のためのダイク

ロイックミラー 30、31により赤色、緑色、青色の3原色に分離し、画像表示素子 35～37に入射せしめる。

画像表示素子 33～35は、入射光束が画像表示素子を透過する間に変調する透過型と、入射光束を反射後出力する間に変調する反射型に大別される。さらに変調の方式として入射光束の偏光状態を変化せしめる偏光型と、入射光束を散乱することにより変調する散乱型に大別される。

偏光型の画像表示素子においては、透過型及び反射型のいずれも偏光板もしくは偏光ビームスプリッタ（以下PBSと略記する）を介して入射される特定の直線偏光光を、例えば液晶材料により変調することにより画像を表示する。散乱型の画像表示素子においては、透過型及び反射型のいずれも入射光束を散乱せしめることで黒を表示し、入射光束を散乱せずに出力することで白を表示する。

図1、2では画像表示素子を3枚用いた構成（以下、三板式と略記する）であるが、後述するように1枚の画像表示素子でカラー画像を表示する方式（以下、単板式と略記する）もある。

ランプ2等としては、発光効率が高く、発光体の体積が小さく高輝度で、演色性の高いランプが求められており、メタルハライドランプ、キセノンランプ、超高圧水銀ランプなどが用いられている。

リフレクタ3等としては、反射後の光束を有効に活用しやすいことから、放物面鏡、楕円面鏡、球面鏡などが用いられており、発光体がそれら反射鏡の焦点もしくは第一焦点もしくは中心に配置される場合が多い。

近年の画像表示装置においては、全白信号を表示した際の、

(1) 投写画像の中央部の明るさと周辺部の明るさを均一にす

る、

(2) 投写される全光束 (ルーメン) をランプの消費電力 (ワット) で除した値として定義される投写効率 (ルーメン/ワット) を向上する、

- 5 ことが開発の主な課題であり、(1) についてはインテグレータの導入により、(2) についてはインテグレータと発光体の小さな高輝度ランプとの組み合わせによって、又は画像表示手段として液晶パネルのような偏光表示手段を用いる画像表示装置にあっては、さらに偏光変換素子を組み合わせることによって、解決が試みられて
- 10 いる。また、マイクロレンズを液晶パネルに形成することによる投写効率の改善も多数検討されている。

- 次に、インテグレータについて説明する。インテグレータとは、例えば特開平 3-111806 号公報、特開平 5-346557 号公報に開示されているように、微小レンズを 2 次元に配置して構成
- 15 される蠅の目レンズを 2 種類組み合わせて構成される。インテグレータの具体的構成例を図 4 に示す。これは、光源からの出力光束を複数の領域に分割し、それらを被照明体物上にて重畳することにより、照明光の均一性を向上せしめるものである。

- ランプ 42 の出力光束はリフレクタ 43 で反射後、第 1 の蠅の目
- 20 レンズ 44 へ入射する。リフレクタ 43 及び第 1 の蠅の目レンズ 44 によって、ランプ 42 の発光体の像は、第 1 の蠅の目レンズ 44 の各レンズに対応する第 2 の蠅の目レンズ 45 の各レンズ上に結像する。第 2 の蠅の目レンズ 45 の各レンズは第 1 の蠅の目レンズ 44 を構成する各レンズの像を画像表示素子 47 上に結像するような
- 25 構成となっている。尚、必要に応じて、第 2 の蠅の目レンズと画像表示素子の間にリレーレンズ、補助レンズが配置されるが、インテ

グレータとしての基本的機能は変わらない。

上記構成により、第2の蠅の目レンズ45の各レンズが画像表示素子47上に結像する像は、リフレクタ43から出力される輝度分布の大きな出力光束を第1の蠅の目レンズ44の各レンズにより分割し、それらを画像表示素子47上に重ね合わせた結果となる。このような原理により投写画像における画像中央部に対する周辺部の明るさを70%以上に高くすることが可能となっている。

また、インテグレータの導入により、画像表示装置の投写効率も向上せしめることができる。一般にリフレクタ43により反射された光束は略円形であるが、画像表示素子37は、例えば4:3の長方形（あるいは16:9の矩形）である。それゆえ画像表示素子47を円形に照明する場合には円に内接する長方形の面積比しか有効に活用されなかった。これを矩形変換効率と呼び、4:3の長方形を外形とする（アスペクト比の）画像表示素子47を用いる場合には、矩形変換効率は、約61%であった。

しかしながら、インテグレータの第1の蠅の目レンズ44に用いるレンズの開口形状を特開平5-346557号公報の図2に開示されているように4:3として配置することにより、約80%に向上することが可能となっている。

しかしながら特開平5-346557の図2に開示されているように、インテグレータの第1の蠅の目レンズ4に用いるレンズの開口形状を例えば4:3として画像表示素子の形状と相似形にすることに加えて、円形の照明領域の中に第1の蠅の目レンズの各レンズを密に形成することによって、矩形変換効率を約80%に向上することが可能となっている。

次に偏光変換素子について説明する。前述の偏光型液晶パネルを

用いた画像表示装置においては、ランプの出力光のなかで、特定方向の偏光成分しか有効に活用できないという欠点があり、投写効率が低く、明るい画像を得るためには出力の大きな光源を用いなければならないという課題があった。偏光変換素子はこうした課題を解決することを目的として開発され、偏光板で吸収、もしくはPBSで反射され液晶パネルに入射されない偏光成分を、該偏光成分に対し概ね直交する偏波面を持つ偏光成分に有効に変換するものである。

偏光変換素子は、例えば特開平5-107505号公報、特開平6-202094号公報、特開平7-294906号公報、特開平8-234205号公報、特開平9-105936号公報等に多数開示されているが、基本的には、偏光分離手段と、偏波面回転手段の組み合わせからなる。

図3に一般的な偏光変換素子38の構成図を示す。無偏光光（ランダムな偏光の光束）62を偏光分離手段60により互いに直交する偏光成分、すなわちP偏光光（偏光分離手段により反射されずに透過する紙面に平行な偏光方向を有する光束）63'、S偏光光（偏光分離手段により反射され、紙面に垂直な偏光方向を有する光束）64に分離し、S偏光光64のみを反射手段60（一般的に偏光分離手段60と同種の膜を用いる）により反射し、偏波面回転手段61によりP偏光光41'に変換する原理に基づいている。

近年では、レンズアレイ66との組み合わせで構成される場合が多く、前記五つの参考例もレンズアレイとの組み合わせにより使用することができるが、

次にマイクロレンズを形成した液晶パネルについて説明する。通常の画像表示素子では、各画素毎に画素を駆動するTFTを形成し

ており、そのために画素の中でTFTを形成している部分は光を透過することができない。すなわち各画素の面積に対する実際に光が透過することができる面積の比（開口率）が小さいという欠点がある。

- 5 これは高解像度な画像表示素子において一層顕著となり、対角
1.3インチのパネルに1024×768画素を形成した画像表示
素子においては開口率は約56%程度であり、対角0.9インチの
画像表示素子に同数の画素を形成した場合には高々40%程度とな
る。さらに画素数を増やして解像度を上げたり、または画素数は同
10 一であっても画像表示素子を小型にしようとするとも開口率は著しく
低下し、結果として投写効率が低下してしまう。

- そこで、例えば特開平1-281426号公報、特開平3-14
0920号公報、特開平4-251221号公報など多数の参考例
に開示されているように、入射側のガラス基板にマイクロレンズを
15 形成し、かつ各画素に一つのマイクロレンズを対応せしめ、開口部
（各画素の中で光が透過することができる部分）にのみ入射光を集
束せしめ、実効的な開口率を改善することが考えられている。

- また一枚の画像表示素子を用いた単板式の画像表示装置も開発さ
れている。単板式は三板式に比べて画像表示素子が少なくすみ、
20 光学系の構成が簡略となることから、画像表示装置を実用化する上
で重要となる低コスト化を実現することができる。さらに、セット
の軽量化及びカラーコンバーゼンスを不要とできるなどの効果が期
待できる。

- カラーコンバーゼンスとは、例えば三板式において、各画像表示
25 素子の対応する画素の出力をスクリーン上で位置合わせすること
であり、位置合わせのための機構部品点数の増加、及び調整に多大の

時間を要すること等によるコストアップの要因となっている。

その一方で、単板式は三板式に比べて投写効率が劣るという欠点がある。例えば、カラーフィルターを内部に設けた場合には、原理的に光の強度は $1/3$ になってしまい画像が暗くなるという欠点があった。これは、三板式では色分離された 3 原色がほとんど吸収されることなく利用することができるのに対し、カラーフィルターが特定波長帯域の光束のみ透過し、他の波長帯域の光を吸収もしくは反射してしまい画素に入力しないからである。

そこで、例えば「日経エレクトロニクス」1995年1月30日号169頁173頁（以下、参考例1と略記する）、特開平8-292506号公報（以下、参考例2と略記する）、特開平9-105899号公報の図14（以下、参考例3と略記する）、「日経エレクトロニクス」1996年10月21日号18頁19頁図4(a)（以下、参考例4と略記する）、特開平6-222361号公報（以下、参考例5と略記する）等に多数開示されているように、白色光を3原色に分離後、対応する画素に各原色を入射せしめることで投写効率を改善することが提案されている。

上記参考例は、いずれも白色光を3原色に分離する色分離手段と、分離した後の光束を対応する各画素に入射せしめる光路変換手段からなる。色分離手段としては、参考例1、2、3に開示されているように、光軸に対して互いに異なる角度で配置されたダイクロイックミラー（以下、異傾斜角ダイクロイックミラーと略記する）を用いる場合が多く、光路変換手段としてマイクロレンズアレイ（参考例1）、ホログラムレンズアレイ（参考例2）、シリンドリカルレンズ（参考例3）などを用いている。

また、例えば参考例4、5に開示されているようにホログラム素

子などの回折光学素子を用いて、色分離手段と光路変換手段を兼用する場合がある。

しかしながら、上記のような従来の画像表示装置では、以下のような問題点があった。

- 5 インテグレータ、及び偏光変換素子の機能を有効に活用するためには、発光体の小さな高輝度ランプを使用する必要があった。以下にその理由を簡潔に記す。インテグレータにあっては、第1の蠅の目レンズを構成する各レンズ（以下、第1レンズ群と略記する）が、第2の蠅の目レンズの対応する各レンズ（以下、第2レンズ群と略記する）に発光体の実像を形成するが、このとき、第2レンズ群の開口よりも大きな像を結像した場合には、有効に画像表示手段に伝搬されない光束が生じてしまい、投射効率の損失となってしまう。それゆえ発光体が小さいほど上述の伝搬ロスが小さくなるため、インテグレータを有効に機能せしめることができる。
- 10 以上の現象は、画像表示手段として偏光表示手段を用いない場合、例えばポリマー分散型液晶パネルや、米国特許第5096279号明細書に開示されている光偏向型の画像表示手段を用いている場合にも同様である。
- 15 また、偏光変換素子にあっては、例えばインテグレータとの組み合わせにより構成する場合（実用的にはほとんどの例）では、上述のインテグレータの場合と同様に、偏光分離手段にのみ光束を集光せねばならない。例えば図14に示した偏光分離素子58にあって、偏光分離手段60ではなく、それに隣接する偏波面回転手段61を設けた反射手段60'に光が入射した成分は有効に利用されず
- 20 損失となる。
- 25

これは第1の蠅の目レンズのランプ側に偏光変換素子を配置し、

偏光分離後の照射角を偏光成分によって異ならしめる場合のも同様で、この場合には、第2の蠅の目レンズの前もしくは後に設置される偏波面回転手段に特定の偏光成分のみを入射せねばならない。従って偏光変換素子の効率を向上せしめ、ひいては投射効率を向上するために、発光体の小さなランプが必要とされているのである。

例えば、偏光変換素子単体をレーザ光のような平行光で照射し、その効率を調べると、例えば図14に示した素子の場合では、P偏光光63の透過率は約96%、また、S偏光光64が偏光分離素子58に入社後、偏波面回転手段61によりP偏光光63へ変換される効率は約91%と極めて高い性能を有し、無偏光光62がP偏光光63へ変換される効率は、約94%になる。偏光表示手段を用いる画像表示装置にあっては、この効率を偏光利用効率と定義することができる。しかしながら実際に発光体の長さが約1.45ミリと小さいランプを用いた場合でも偏光利用効率は約80%未満に低下し、発光体の長さが約3ミリのランプを用いたが愛には60%程度に低下し、偏光変換素子がない場合の偏光利用効率50%と大差なくなってしまうのは、上述のランプの発光体の大きさに起因しているのである。

更に、上記理由とは別に、ランプからの出力光を有効に集光するためのリフレクターとの組み合わせにおいても発光体の小さな光源は必要である。例えば、リフレクターとして放物面鏡を用いる場合を考える。この放物面鏡は、放物線を光軸と一致する回転軸により回転せしめて形成される凹面を反射面として有する。一般的には光軸上の放物線の焦点近傍に発光体は設置される。なぜなら、放物線の焦点より発散した光束は放物面で反射後平行光線となるからである。

しかしながら実際のランプの発光体は点ではなく有限な大きさを持っているため、収束光や発散光が生じて損失となってしまう。こうした理由からも発光体の小さなランプが不可欠であった。つまり発光体が極めて小さく、ほぼ点光源とみなせるランプを用いれば、
5 前述のインテグレータ、偏光変換素子の本来有する機能を活かして極めて高い投射効率を実現できると考えられる。

上述のように発光体の大きさによりインテグレータの性能及び偏光変換素子の偏光変換効率は大きく影響を受けるが、このことはより高輝度な画像を表示する際に重要な問題となる。例えば、100
10 ~200ワット程度であれば、発光体の大きさは高々2ミリ程度であり、上述のようにインテグレータ、及び偏光変換素子の機能としてある程度満足できるが、それ以上の高出力ランプを用いた場合には、発光体がランプ出力の増加とともに大きくなってしまふ。

それゆえ、100~200ワット程度の低出力ランプを用いた画像表示装置では、6ルーメン/ワットという高い投射効率も可能であるが、それ以上の高出力ランプを用いる場合には高々3ルーメン/ワット程度しか実現できていない。
15

つまり100ワットのランプを用いて6ルーメン/ワットの計600ルーメンの光出力を有する画像表示装置は実現できても、例えば200ワットのランプを用いて1200ルーメンの光出力を有する画像表示装置の実現は困難であった。以上のように高出力ランプを用いて投射光束を大きくしようとするとう投射効率が著しく低下していた。
20

インテグレータと偏光変換素子の組み合わせにおいては、発光体の小さな高輝度ランプの開発によって、近年では高い投写効率を実現することが可能となってきた。しかしながら、インテグレータと
25

マイクロレンズを形成した画像表示素子を組み合わせた場合、またはインテグレータと偏光変換素子に加えてマイクロレンズを形成した画像表示素子を組み合わせた場合に、実効的な画像表示素子の開口率を向上しようとしても大きな効果が得られないという課題があった。以下にその理由を簡潔に記す。

そもそも、マイクロレンズによる実効的開口率向上の効果を大きくするためには、マイクロレンズへの入射光束は光軸に対して略平行であることが好ましい。なぜならマイクロレンズの光軸に対して斜めに入射する光束は、画素の開口部以外の部分に入射してしまうためである。

発光体の小さな高輝度ランプの光束を放物面鏡によって集光することにより略平行に近い光束を得ることができるが、実際の照明光学系では、前述のインテグレータ、または偏光変換素子を用いることが不可欠であるため、必ずしも画像表示素子すなわちマイクロレンズに入射する光束は略平行な光束とは限らないのである。

それゆえ、理想的には実効的な開口率をほぼ100%にできるはずであるにもかかわらず、前述の例ではマイクロレンズを導入しても高々1.2倍の開口率の向上しか見込めず、対角1.3インチの画像表示素子では実効的な開口率が67%、対角0.9インチの画像表示素子では55%程度であり、半分近く光束を損失していた。

同様の現象は、参考例1、2、3の単板式画像表示装置に見られるように、光路変換手段としてマイクロレンズを用いる場合にも発生する。すなわち、異傾斜角ダイクロイックミラーによって画像表示素子に入射する3原色の入射角を互いに異ならしめ、一つのマイクロレンズによって各原色の画像信号を表示する画素に異なる角度で光束を入射せしめる場合に、入射光束が平行光束でないために、

混色及び効率の低下が見られている。

例えば、参考例 1 に開示されている例では、本来例えば緑色の信号を表示する画素に斜めから赤色、もしくは青色の光束が入射し、本来の色と異なる色調の画像が表示されたり、または画素の開口部に有効に光束が入射せず、効率が低いという問題があった。

上述のように、投写効率が高く、明るさの均一性の高い画像表示が可能な画像表示装置を構成するためには、インテグレータ、偏光変換素子、マイクロレンズの機能を有効に活用せねばならない。

中でもインテグレータは、画像の明るさの均一性を確保するだけでなく、偏光変換を行うために不可欠な光学要素であるが、レンズを 2 次元に配置し、しかも 2 つの蠅の目レンズを組み合わせねばならず高価なものとなっており、コストアップを招いていた。すなわち、インテグレータを複製するための金型の作製及び硝材などが高価であり、投写レンズとともに光学系の大半のコストを占めていた。

また、その機能を実現するためには特定の距離が必要で、コンパクトな光学系を構成することが不可能であった。すなわち従来のインテグレータでは、第 1 の蠅の目レンズを構成する各レンズは、入射する光束を対応する第 2 の蠅の目レンズの各レンズに集光せねばならない。また、同時に第 2 の蠅の目レンズの各レンズは、第 1 の蠅の目レンズの各レンズの像を画像表示素子上に結像せねばならない。その際の倍率は、第 1 の蠅の目レンズと第 2 の蠅の目レンズ間の距離 L_1 、及び第 2 の蠅の目レンズと画像表示素子との距離 L_2 の比、すなわち L_2 / L_1 により決定される。一方矩形変換効率を高めるためには、第 1 の蠅の目レンズを小さくし、反射鏡からの略円形の出力光束内に密に配置すればよいが、その結果、コストアップ

ブになることに加えて倍率を高くせねばならず L_2 が大きくなりコンパクトな構成ができなかった。また、1枚の蠅の目レンズでインテグレータを構成することもできなかった。

以上詳細に述べたように、本発明は、画像の明るさの均一性を高くしたまま、かつ高い光利用効率を実現するための回折光学素子、及びそれを用いた画像表示装置を提供するものである。

また、以上の課題は、その光学的挙動がいわゆる幾何光学で記述されるレンズを用いているために生じる問題であった。本願発明は、こうした幾何光学の制約を受けない波動光学に基づく回折光学素子によって、上述の課題を解決するものであるが、これまでも回折光学素子を画像表示装置に用いた例は多数開示されている。しかしながらこれらは、本願発明の回折光学素子並びにそれを用いた画像表示装置と技術的思想を全く別にするものである。

例えば、特開平6-222361号公報、特開平9-73014号公報（以下、従来例1）では、白色バックライト光をホログラムにより各色成分ごとに収束せしめることによって、光利用効率を改善する手法が開示されている。また、例えば特開平8-220656号公報（以下、従来例2）では、液晶パネルの出力側にホログラム素子を設けて、液晶パネルの出力光束の主光線を光軸に対して平行とする例が開示されている。

しかしながら、従来例1に開示されたホログラムは、微小領域に分離され、各微小領域は集光性を有するが、これは単に対応する画素に所望の光の光束を集光せしめる機能であり、いわば波長選択性を有するマイクロレンズアレイとして機能するにすぎず、本願発明の回折光学素子の特徴である、照明光の明るさの均一性（換言すれば投写画像の明るさの均一性）を保ちつつ、投写効率（光利用効

率)を向上せしめる機能を一切有していないものであり、本願発明の回折光学素子とは、その技術的な思想を全く別にするものである。

また、従来例2におけるホログラムは、液晶表示素子の出力側
5 (投写レンズ側)に配置され、その機能は各色ごとに異なる角度で出力される液晶表示素子の出力光束をおのおの平行化することにより、投写レンズに対する仕様の負担を軽減するものである。従って、従来例2におけるホログラムは、液晶パネルに入射する照明光の均一性を高くする本願発明の回折光学素子とは、その技術的思想
10 を全く別にするものである。

また、半導体の製造分野で使用される露光装置においては、例えば、特開平10-70070号公報(以下、従来例3)に開示されているように、光源からの出力光束を回折光学素子により分離する手法が開示されている。従来例3にあっては、分離後の出力光束を
15 再度オブティカルインテグレータに入射し、レンズ系により被照明物体に重畳せしめており、単に光源からの出力光束を分離しているにすぎない。すなわち、5重極照明を用いた投影光学系において、回路パターンの方向性を考慮して投影解像力を向上せしめるために用いられているにすぎず、照明光の照度の均一性は、微小レンズを
20 2次元に配置したレンズアレイにより2次光源を形成し、2次光源像をコンデンサーレンズで照明物体上に重畳することで確保している。

また、特開昭63-267900号公報(以下、従来例4)では、ホログラムヘッドに入射した光が感光材料上で重畳される引例
25 を開示している。しかしながら、従来例4では、二光束干渉露光を行う場合に、互いのビームの交わる角度を変化させながらおかつ

精密な位置あわせを実現することを目的としており、ビームを重畳させることにより照度の均一性を向上せしめることについては何ら開示していない。さらにホログラムヘッドに入射する光に対して、2種類の開口を設け、これらの干渉稿を得ることを目的としており、本願発明のように回折光学素子全面に入射する光をすべて重畳せしめるものではない。

以上述べたように、回折光学素子を画像表示装置に適用している従来例1、2にあつては単なる波長選択性と集光性を有するホログラム、あるいは、液晶表示素子の出力光束の角度を変えるホログラム素子が開示されているにすぎない。また、回折光学素子により入射光を分離する従来例3、4では、分離することで投影解像力を向上せしめる手法、あるいは位置あわせを改善する手法が開示されているにすぎない。このように、本願発明の特徴である、回折光学素子をインテグレータとして用いることで、画像表示素子に対する照度を均一化せしめるという技術的思想は、従来例には何ら開示されていない新規なものである。

次に、まず、従来のホログラム素子について説明する。

近年、可干渉な二光束を干渉せしめることで干渉稿を形成し、該干渉稿を重クロム酸ゼラチンやフォトポリマーなどに記録せしめ、記録した光束の波面を再生可能なホログラム素子の開発が盛んである。

ホログラム素子の応用分野としては、例えば参考文献、久保田敏弘著、「ホログラフィ入門」に記載されているように干渉計測、ホログラフィック光学素子、パターン認識などの光情報処理、ホログラフィックディスプレイなどがある。

ホログラム素子を画像表示の分野に応用する場合には、単に3次

元画像を表示するだけではなく、種々の応用が考えられている。

以下では、(1) 光スイッチ、(2) 直視タイプの液晶パネルに用いられている例について説明する。

それではまず光スイッチについて説明する。例えば、従来例 1 の
5 特開平 5 - 1 7 3 1 9 6 号公報では、干渉縞を形成せしめる光束の波長により硬化する高分子材料と該光束の波長で非硬化な液晶の混合物に干渉縞を照明し、いわゆる光誘起相分離によって、硬化された高分子材料からなる領域と、非硬化な液晶からなる領域を形成し、該非硬化な液晶を印加電圧により制御することで、入射光束の
10 回折／直進を制御する光スイッチが開示されている。

同様の例はこれまでも多数開示されており、例えばアブライド・フィジックス・レター、第 6 4 巻、第 9 号、1 0 7 4 ~ 1 0 7 6 頁、1 9 9 4 年（以下、従来例 2 と略記する）では、回折効率を制御できるホログラム素子として開示されている。

15 この例にあつては、従来例 1 と同様に、特定の波長により硬化する高分子材料と、この特定の波長では硬化しない液晶材料との混合物に該波長の二光束干渉縞を照明し、干渉縞の光強度の強い部分に高分子材料を、干渉縞の光強度の弱い部分に該液晶材料が各々多く含まれる領域を形成することで作製される。

20 また、スイッチング可能ではないが、二光束干渉露光による光誘起相分離を用いて形成されるホログラム素子として、特願平 8 - 1 6 2 6 4 7 号（以下、従来例 3 と略記する）、特開平 9 - 3 2 4 2 5 9 号公報（特願平 8 - 1 4 2 5 3 3 号以下従来例 4 と略記する）をはじめとして多数の例が開示されている。

25 このような光誘起相分離現象を用いて作製されるホログラム素子は、二光束干渉露光だけではなく、例えば液晶討論会' 9 7 予稿集

86頁～87頁（以下、従来例5と略記する）に開示されているように、紫外線硬化樹脂と液晶材料の混合物を適当な割合で混合した後、導電性透明電極を形成したガラス基板を用いて構成したセルに該混合物を注入後、グレーティングパターンのフォトマスクを介して紫外線を照射して作製される場合もある。

以上の各例は、光誘起相分離を用いて屈折率の異なる領域を形成しているが、この技術は、例えばシャープ技報、第63号、14頁～17頁、1995年12月（以下、従来例6と略記する）に開示されているように、液晶パネルの視野角を広くするためのマイクロセル構造を作製するためにも用いられている公知技術である。

この例にあつては、光硬化性樹脂と液晶の混合物に、格子状の光（波長は該光硬化性樹脂を硬化せしめる波長）を照明し、光誘起相分離現象により、各画素を囲むマイクロセル構造を形成している。それにより液晶領域内で液晶分子が、自己配向力により光硬化反応で安定化せしめた軸対称状に配向され、広い視野角と高いコントラストを実現している。

それでは次に、直視タイプの液晶パネル19のバックライトユニットに応用している例について、図1を参照しながら説明する。直視タイプの液晶パネルは透過型、反射型に分けられるが、以下では、透過型を例に説明する。例えば、特開平9-178949号公報（以下、従来例7と略記する）に開示されているように、図1の画像表示装置は、光源である冷陰極管（以下、CCFTと略記する）23からの光を導光体21の端面から入射し、導光体21の裏面側に形成したホログラム素子30及び反射ミラー23によって透過型の液晶パネル19側へ出力せしめるもので、ホログラム素子30は反射型のホログラムである。

上記構成により、部品点数の削減、軽量化、コストの削減を図ると同時に、明るさの均一性及び効率が高く、かつ指向性を有するバックライトユニットとして用いることができる。この機能はホログラム素子 30 を微小ホログラムの集合体とすることで実現されている。すなわち、モザイク状の微小ホログラムは、互いに異なる入射波長、及び入射角に対して最大回折効率を示すように作製されている。

また、同様の構成において、例えば特開平 9-127894 号公報（以下、従来例 8 と略記する）に開示されているように、該反射型のホログラムの面積密度を、光源から離れるに従って高くすることによって、より一層の明るさの均一性が実現される例が開示されている。

このほかにも、例えば、プロシーディングス・オブ・インターナショナル・ディスプレイ・ワークショップ'97、411 ページ～414 ページ（以下、従来例 9 と略記する）、または特開平 9-138396 号公報（以下、従来例 10 と略記する）に開示されているように、反射型液晶パネルの反射板として用いられ、入射光束を液晶基板に概ね垂直な方向に選択的に、かつ特定の立体角内に概ね反射（回折）せしめ、視野角は狭いものの明るい画像表示を行う応用が考えられている。このホログラム素子は、いわゆる反射型の体積ホログラムである。

尚、従来例 7～従来例 10 では、材料としては一般的なフォトポリマーを用いており、常に上述の反射を行うホログラム素子である。

次に画像表示装置について説明する。

近年、従来の直視型テレビでは大型化が困難であることから、高

輝度ランプからの照明光束を変調する画像表示手段の出力画像を拡大投写する投写型画像表示装置の開発が進められている（例えば、オーブラスイー、１９９３年８月号、５８頁－１０１頁）。

図６７は従来一般的な投写型画像表示装置の構成を示すものであり、画像表示手段として液晶パネルを用いた構成例を示す。ランプ２からの出力光３をリフレクター４で反射し、出力光束５を集光光学系（不図示）により集光、伝搬し、色分離のためのダイクロイックミラー１２、１３により赤色、緑色、青色の３原色に分離し、全反射ミラー１４、コンデンサーレンズ１５を介して液晶パネル１６～１８に入射せしめる。液晶パネル１６～１８により変調された出力光は、色合成のためのダイクロイックプリズム（不図示）もしくは、ダイクロイックミラー１９、２０及び全反射ミラー１４により合成され、投写レンズ９によりスクリーン（不図示）上に拡大投写される。

液晶パネル１６～１８は、主に透過型、反射型に区別されるが、いずれも偏光板もしくは偏光ビームスプリッタ（以下ＰＢＳと略記する）を介して入射される特定の直線偏光光を、液晶材料により変調することにより画像を表示する。

また液晶パネル１６～１８は一般的には各画素を駆動するためのスイッチング素子として薄膜トランジスタ（以下ＴＦＴと略記する）を各画素に配置したアクティブマトリックス方式が主流であり、ＴＦＴは多結晶ポリシリコンで形成されるのが一般的である。

ランプ２としては、発光効率が高く、発光体の体積が小さく高輝度で、演色性の高いランプが求められており、メタルハライドランプ、キセノンランプ、超高圧水銀ランプなどが用いられている。

リフレクタ４としては、反射後の光束５を有効に活用しやすいこ

とから、放物面鏡、楕円面鏡、球面鏡等が用いられており、発光体がそれら反射鏡の焦点もしくは第一焦点もしくは中心に配置される場合が多い。現在の主流は放物面鏡を用い、その焦点近傍にランプの発光体を設置し、略平行な光束を得る方式である。

5 近年の投写型画像表示装置においては、全白信号を表示した際の、

(1) 投写画像の中央部の明るさと周辺部の明るさを均一にする、

(2) 投写される全光束（ルーメン）をランプの消費電力（ワット）で除した値として定義される投写効率（ルーメン／ワット）を
10 向上する、

ことが開発の主な課題であり、(1)についてはインテグレータの導入により、(2)についてはインテグレータと発光体の小さな高輝度ランプとを組み合わせることに加えて、さらに偏光変換素子
15 を組み合わせることによる解決が試みられている。

それではまずインテグレータについて説明する。インテグレータとは、例えば特開平3-111806号公報、特開平5-346557号公報に開示されているように、微小レンズを2次元に配置して構成される蠅の目レンズを2種類組み合わせる構成される。イン
20 テグレータの具体的構成例を図7に示す。リフレクタ4及び第1の蠅の目レンズ49によって、ランプ2の発光体の像は、第1の蠅の目レンズ49の各レンズに対応する第2の蠅の目レンズ50の各レンズ上に結像される。第2の蠅の目レンズ50の各レンズは第1の蠅の目レンズ49の像を画像表示手段7上に結像するような構成とな
25 っている。

上記構成により、第2の蠅の目レンズ50の各レンズが画像表示

手段 7 上に結像する像は、リフレクタ 4 から出力される輝度分布の大きな出力光を第 1 の蠅の目レンズ 49 の各レンズにより細かく分割し、それらを画像表示手段 7 上に重ね合わせた結果となる。このような原理により投写画像における画像中央部に対する周辺部の明るさを 70% 以上に高くすることが可能となっている。

また、インテグレータの導入により、投写効率も向上せしめることができる。一般にリフレクタ 4 により反射された光束 5 は略円形であるが、画像表示手段 7 は例えば 4 : 3 の長方形である。それゆえ画像表示手段 7 を円形に照明する場合には円に内接する長方形の面積比しか有効に活用されなかった。これを矩形変換効率と呼び、4 : 3 の長方形を外形とする画像表示手段 7 を用いる場合には、矩形変換効率は、約 61% であった。しかしながらインテグレータの第 1 の蠅の目レンズ 49 に用いるレンズの開口形状を特開平 5 - 346557 号公報の図 2 に開示されているように 4 : 3 として配置することにより、約 80% に向上することが可能となっている。

次に、偏光変換素子について説明する。前述の液晶パネルのような偏光表示手段を用いた投写型画像表示装置においては、ランプの出力光の中で、特定方向の偏光成分しか有効に活用できないという欠点があり、投写効率が低く、明るい画像を得るためには出力の大きな光源を用いなければならない等の課題があった。偏光変換素子はこうした課題を解決することを目的として開発され、偏光板で吸収される偏光成分もしくは P B S で液晶パネルに入射されない偏光成分を、該偏光成分に対し概ね直交する偏波面を持つ偏光成分に有効に変換するものである。

偏光変換素子は例えば、特開平 5 - 107505 号公報、特開平 6 - 20294 号公報、特開平 7 - 294906 号公報、特開平 8

— 2 3 4 2 0 5 号公報、特開平 9 - 1 0 5 9 3 6 号公報等多数開示されているが、基本的には、偏光分離素子と、偏波面回転素子の組み合わせからなる。

図 8 に一般的な偏光変換素子 5 8 の構成図を示す。無偏光光（ランダムな偏光の光束）6 2 を偏光分離素子 6 0 により互いに直交する偏光成分、すなわち P 偏光光（偏光分離素子により反射されずに透過する紙面に平行な偏光方向を有する光束）6 3、S 偏光光（偏光分離手段により反射され、紙面に垂直な偏光方向を有する光束）6 4 に分離し、S 偏光光 6 4 のみを反射手段 6 0'（一般的に偏光分離手段 6 0 と同種の膜を用いる）により反射し、偏波面回転素子 6 1 により P 偏光光 6 3' に変換する原理に基づいている。

近年では、レンズアレイ 6 6 との組み合わせで構成される場合が多く、前記五つの公開公報に記載の内容もレンズアレイ 6 6 との組み合わせにより使用することができるが、偏光分離素子の設置位置により若干構成が異なる。

一つの方式は、偏光変換素子 5 8 に入射する光束の幅をレンズアレイ 6 6 により略半分とし、偏光分離素子 6 0 にのみ光束を入射して偏光分離、偏波面回転を行う方式である（図 9 参照）。この場合、該レンズアレイ 6 6 をインテグレータを構成する蝇の目レンズとすることにより、前述のように投写画像の明るさの均一性を同時に確保する構成とすることが多い。すなわち、前記レンズアレイをインテグレータの第 2 の蝇の目レンズとした構成が考えられている。

一方、特開平 6 - 2 0 2 0 9 4 号公報、特開平 8 - 2 3 4 2 0 5 号公報に開示されているように、第 1 の蝇の目レンズのランプ側に偏光分離素子を設置し、偏光分離後の光束の出射角を偏光成分に応

じて数度変えることにより、第2の蠅の目レンズ上で結像する位置を偏光成分毎に変え、一方の偏光成分のみ偏波面の回転を行う方式も考案されている。この方式の応用として、第1の蠅の目レンズと第2の蠅の目レンズの間に偏光分離素子を設置する構成も考えられている。

従来の偏光変換素子では、偏光分離素子としては誘電体層を複数積層してなる誘電体多層膜を用いている場合がほとんどである。偏光分離素子として偏光選択性を有するホログラム素子は従来から知られているが、該ホログラム素子をインテグレータと組み合わせて偏光変換素子を構成し、投写型画像表示装置の照明光学系に適用した例は開示されていない。

特開平8-234143号公報、米国特許第5161039号に開示されている偏光選択性を有するホログラム素子では、液晶ポリマー、あるいは非線形な光吸収効果を有するポリシランポリマー材料を用いることにより偏光選択性を有するものであり、各々の偏光に対してはいわゆる体積ホログラムとしての機能を有する。

また、プロジェクターの使用において、室内をあまり暗くしなくても認識できる明るい投写画像への要求が高いため、液晶ライトバルブの光利用効率を向上させることが重要である。照明領域の均一性を高める光学系として、特開平3-11180号公報または特開平5-346557号公報等には2枚のレンズ板を用いたインテグレータ光学系が開示されている。

これは原理的には露光機に使用されているものと同じで、光源からの平行光束を複数の矩形レンズによって分割し、各矩形レンズの像を各矩形レンズに1対1で対応するリレーレンズで液晶ライトバルブに重畳結像させるものである。

10 このため、例えば、この $1/2$ 波長板の位置に結像した P 波 1 1
0 6 は偏光方向が 90° 回転して S 波となって出射する。S 波 1 1
0 7 は $1/2$ 波長板が形成されていない領域に結像され、そのまま
透過する。つまり、位相板 1 1 0 5 を出射した後の光波は偏光方向
が概ね等しくなる。

そして、光路中に置かれた $1/2$ 波長板を通過して偏光方向を 90° 回転して S 波として出射する。以上のようにレンズ板 1201 とプリズム 1202 との組み合わせによってこれを出射した光波は偏光方向が揃った光束となる。

25

から出射される光は、紙面に平行な偏光方向を有するP波902と紙面に垂直な偏光方向を有するS波から構成されている。この光束は偏光子904に入射し、特定の偏波成分が吸収され残りの成分が透過する。偏光子904ではS波の成分が吸収され、P波が透過する構成となっている。偏光子904を透過した光は液晶素子905に入射することになる。

ここでは、液晶素子905として、入射面と出射面とで液晶分子の方向が90°ねじれて構成されているツイストネマティック液晶を例に説明する。この液晶素子905にはバターニングされた透明電極が形成されており各画面素毎に電界の印加が可能である。液晶を完全にスイッチングできるだけの電界が印加されている画素(ON)は、液晶分子のねじれが解け、入射面に対して液晶分子が等方的に立った状態(ホメオトロピック)になっている。このため、この画素に入射したP波は変調を受けることなくその偏光状態を維持したまま液晶素子を通過する。

次に電界が印加されていない画素(OFF)では液晶分子は入射面から出射面までの厚さ方向において90°液晶分子の角度がねじれた状態となっている。このため、この画素に入射したP波成分は入射面から出射面までを通過する間に液晶のねじれに起因するツイストネマティック効果によりその偏波面を90°回転させる。従って、OFF画素を通過した後、先の光はS波となって出射することになる。

液晶素子を通過した後、通過位置に対応した画素の電界の有無により光の偏光方向が異なることになる。次に、これらの光は偏光子906に入射する。ここで偏光子906は先の偏光子904に対し、偏波成分を通過する軸方向が90°傾けて設定されている。つ

まり、偏光子 904 と 906 はクロスニコルに配置されている。このため、液晶素子を通過した光の内 P 波は偏光子 906 で吸収され、S 波は偏光子 906 を通過することになる。

5 以上のように液晶素子の各画素を通過した光は、画素に印加される電界に応じて偏光方向が変調され、この結果として偏光子 906 を通過する光の強度が異なることになる。観察者 907 には、この偏光子 906 を通過する光の通過量が異なることになるため、各画素に対応する明暗のパターンとしての画像が認識されることになる。

10 また、各画素に印加する電界量を制御することで液晶を通過する光の偏光方向を先の P 波と S 波の状態の中間状態に設定することができるため中間調の表示も可能となる。

次に、光情報処理装置について説明する。

15 光ディスクや光磁気ディスク等の光記憶媒体に記憶される情報の記録や読み出しを行う光情報処理装置は、主に光源としての半導体レーザ、この半導体レーザから出射する光を光記憶媒体上に収束するためのレンズ、光記憶媒体上で反射されたレーザ光を受光素子に導くための回折光学素子としてのホログラム素子等から構成される。

20 一端、半導体レーザから放射された光はこのホログラム素子を透過し、結像レンズにより光記憶媒体としての光ディスクの表面に集光される。光ディスクの表面で記録情報に応じた強度で反射して広がる光は、再度レンズにより収束され一部は半導体レーザに戻り、一部は例えば 2 つの領域に分割されたホログラム素子により 2 方向
25 に分割され、いくつかの領域に分割された受光素子に結像されて、ナイフエッジ法のような手法を用いて焦点ずれ、トラッキングず

れ、及び情報信号の検出等が行われる。

以上のようにレーザからの出射光は往路と復路の2回、回折光学素子としてのホログラム素子を通過することになる。往路においてホログラム素子を通過後、光が強く回折されてしまうと光ディスクの表面に集光される光量が低下してしまい、ディスク上で十分な光強度が得られず信号情報の正確な検出に支障を来たすことにもなりかねない。このため通常、ホログラム素子には往路と復路で回折効率が異なる機能が要求される。

光源である半導体レーザが偏光特性を有することもあるが偏光方向による回折効率の選択性が用いられることが多い。具体的には、半導体レーザから放射された光の偏光方向に対しては回折作用を生じることなくそのまま透過し、その後ディスクとの光路中に1/4波長板のような位相板を配置し、ディスクにより反射され再度ホログラムを通過するときに偏光方向が初期に比べ90°回転するように設定する。この時、ホログラム素子は回折機能を生じ、これを通過した光は情報信号等の検出を行う受光素子へと導かれる。

このような偏光選択性を有するホログラムは、屈折率異方性を有する光学媒体を用いて作製される。例えば、ニオブ酸リチウムのような屈折率異方性を有する光学媒体の表面の所定の領域にフォトリソグラフィやホログラフィック露光等によりマスクを形成し、表面の露出された領域に安息香酸等を用いてイオン交換を行う。すると、特定の偏光方向に対しては屈折率分布が生じず、一様な物体として取り扱うことができる。

しかしながら、先の偏光方向に対して直交する偏光方向の光に対してはマスクにより形成した領域に対応した屈折率分布を生じ、このパターンに対応した回折現象を生じることになる。このような特

性を有するホログラム素子を用いて光情報処理装置は構成されている。

以上の従来例 1 ～ 従来例 6 に開示された全てのホログラム素子は、常に屈折率異方性を有していない光学的に略等方的な光硬化型の高分子材料と、該光硬化型の高分子材料を硬化せしめる波長では硬化しない液晶材料（以下、非重合性液晶と略記する）との混合物によって形成され、それらが細かい領域を形成してなるものである。それゆえ、例えば従来例 1 にあっては、非重合性液晶のみの領域に電圧を印加して回折をさせぬようにしても、例えば斜めに入射した光束に対してはホログラムとして作用してしまうという欠点があった。この様子を図 2 および図 3 を用いて説明する。

従来のホログラム素子は、図 2 (a) に示したように光学的に略等方的な光硬化型高分子材料からなる領域 1 (屈折率を n_1 とする) と、非重合性液晶からなる領域 2 (液晶分子は図示したような屈折率異方性を有し、常光線、異常光線に対する屈折率を各々 n_o 、 n_e とする) により形成されている。

ここで n_1 と n_o はほぼ等しい材料を選んでいる。電圧を透明導電性電極 1 (以下 ITO と略記する) に印加し、領域 2 の液晶分子をスイッチングさせると、液晶分子はガラス基板 2 に対して略垂直に配列する。

この場合、垂直に入射した光束 3 に対しては、P 偏光光 (紙面に平行な偏光成分)、S 偏光光 (紙面に垂直な偏光成分) に対して光学的に等方 (領域 1、2 共に屈折率がほぼ n_o) となるため、光束 3 は回折されず直進する。

領域 2 に電圧を印加しない場合には、図 2 (b) に示したように液晶分子がガラス基板 2 に略平行に配列し、領域 2 に屈折率異方性

が生じる。

その結果、例えば P 偏光光に対しては屈折率が n_e 、 n_l と交互に変化するホログラム素子として作用するのに対して、S 偏光光に対しては全ての領域がほぼ屈折率 n_o の等方媒体として作用する。それゆえ入射光束 3 の中で P 偏光光 4 は回折され、S 偏光光 5 は直進する。

しかしながら図 3 (a) に示したように斜めに入射する光束 3' に対しては、電圧を印加して液晶分子を垂直に配列させ入射光束を直進せしめるモードであっても、領域 2 には屈折率異方性が生じてしまう。すなわち、常光線（この場合 S 偏光光）に対しては屈折率 n_o の等方媒体として作用するので直進させるが、異常光線（この場合 P 偏光光）に対しては領域 2 の屈折率が $n_e(\theta)$ となり、ホログラムとして入射光を回折してしまうのである。それゆえ、例えば光スイッチとして用いようとする、垂直入射以外では完全な制御ができないという欠点があった。

実際には、本来屈折率異方性を持たない光硬化型高分子材料を用いて領域 1 を形成しても、狭ギャップのガラス間に形成すると応力等により僅かではあるが屈折率異方性を発現する。しかしその差は小さいものであり本質的には上述の現象が現れる。

その僅かな屈折率異方性が問題になる場合もある。例えば、従来例 6 の場合にあっては、黒を表示する際に格子の部分が不連続な領域となり、高コントラストな画像を表示する際に特に目立ち、均一性を損なうという欠点があった。

以上詳細に述べた諸問題は、光学的に略等方な光硬化型の高分子材料と、液晶材料の混合物を材料として、相分離を発現させた系においては常に発生する問題である。

一方、光硬化型の液晶として近年特に注目されている紫外線硬化型液晶と、数種類の非重合性液晶の混合物を用いて液晶高分子複合系の位相差フィルムを作製する例が報告されている（例えば'97液晶討論会予稿集168ページ～169ページ、1997年）。しかしながら上記例では、UV光を単純に全面にかつ均一に照射し、全面を一様に硬化せしめているのみであり、二光束干渉露光による光誘起相分離による干渉縞の形成、及び後述のように本発明の構成によって期待される斜めの入射光に対しても回折が生じない効果については何ら言及していない。

10 また、例えば特開平9-281330号公報、特開平9-288206号公報では、光硬化型液晶をストライプ状のITOを形成したセルに注入し、電圧を印加することで液晶分子の配向を部分的に異ならしめた状態で光硬化を行うことで回折素子を形成している。

15 しかしながら上記の例では、本質的に均質な液晶材料を用いて形成しており、非重合性液晶との混合物を用いることに関して何ら開示しておらず、異なる領域間の屈折率異方性は等しいが、スイッチング可能ではなく本質的に本発明とは異なるものである。

20 また、従来例7～従来例10で開示されている直視型の液晶パネルに應用している例では、ホログラム素子は常に前述の機能を実現するもので、必要に応じてホログラム素子の機能を変える例は一切開示されていない。

また、従来の画像表示装置において、誘電体多層膜を用いて偏光分離手段を形成する場合には薄膜誘電体層を複数層積層するため、作製に時間がかかりコストが高いという欠点があった。

25 さらに複数のプリズムを張り合わせて形成され、接合面に誘電体多層膜を形成してなる特開平7-294906号公報、特開平9-

105936号公報に開示された偏光分離素子においては、作製の困難さ、コストの高さ、接着剤の耐熱性等に問題があった。

特開平5-107505号公報、特開平8-234205号公報においては厚い平行平板もしくは直角プリズムを用いており、コンパクトな構成が困難であった。また、特開平6-20294号公報
5 にはあつては鋸歯状の形状の作製が困難であった。以上のように誘電体多層膜を用いた偏光分離素子はコストが高く、作製が困難であるという欠点があった。

また、特開平8-234143号公報、米国特許第516103
10 9号に開示されている偏光選択性を有するホログラム素子を用いた偏光分離素子は、前述のように投写型画像表示装置における照明光学系として、インテグレータと組み合わせた偏光変換素子としての応用例は何ら開示されていない。仮に従来のホログラム素子を偏光分離素子として偏光変換素子に組み入れ、投写型画像表示装置に適用しようとしても以下の理由により高い効率を実現することが困難
15 であつた。

例えばインテグレータの第1の蠅の目レンズの前に偏光分離素子を設ける場合を考える。偏光分離素子に入射するのは、概ね略平行な光束である。これらの光束は当然ながら無偏光光である。この場合、偏光分離後偏光分離素子から出力され、互いに偏光方向が直交する二つの偏光光束の出射角の差は高々数度が好ましい。これは第1の蠅の目レンズの各微小レンズに対応する第2の蠅の目レンズの各微小レンズ上にランプの発光体の像を二つ結像せしめるからである。この角度差が大きすぎると第2の蠅の目レンズの各レンズの径
20 を大きくせねばならなくなる。

すなわち、偏光分離素子としては、略平行光束を異なる偏光成分

に分離後、各々を数度の角度差で出力せねばならない。このことはホログラム素子を作製する際の参照光と物体光の入射角度差を高々数度と小さくせねばならないことを意味する。しかしながら、一般に体積ホログラムの効率を使用に耐えうるまで十分高くするために

5 は、参照光と物体光の入射角度の差は少なくとも20度以上は必要とされ、それ以下の角度差では体積ホログラムとしての効率が低くなる。それゆえ従来のホログラム素子を偏光分離素子として用いて、第1のタイプの偏光変換素子は構成できなかった。

また、回折素子としては、例えば特開平5-173196号公報

10 に開示されているように、通常のネマティック液晶を用いた例、あるいはジャパニーズ、ジャーナル、オブ、アブライド、フィジックス、第36巻、1997年、589-590頁に開示されているようにUV硬化型液晶を用いた例、あるいはケミカル、マテリアル1993年、第5巻、1533-1538項に開示されているように

15 ポリマー分散液晶を用いた例も知られているが、上記公開公報に記載のものは単に偏光分離機能を有することを開示しているのみであり、偏光変換素子としての応用については何ら開示していない。

以上のように、従来の誘電体多層膜により形成された偏光分離素子を用いて、インテグレータと組み合わせた偏光変換素子を構成

20 し、投写型画像表示装置に適用した場合には、(1)コストが高い、(2)作製が困難、(3)コンパクトな構成が困難等の問題点があった。

またホログラム素子には一般に、(1)入射角と出力角の差を大きくせねば効率が低いということから、(2)インテグレータと組

25 み合わせ、投写型画像表示装置の偏光分離素子として使用することが困難であった。

さらに、従来の回折素子にあつては、

- 1) 単に偏光分離機能を有することを開示されているにすぎず、
- 2) インテグレートとの組み合わせについて何ら開示されておらず、投写型画像表示装置に適用できないものである。

- 5 また、液晶を用いた偏光分離素子では、ノコギリ状の溝を有するプリズム基板とガラス基板との間隙に液晶を挟んだ構成である。液晶は屈折率異方性を示すため、常光、異常光といった偏光方向により屈折率差が異なる。

- 10 先の偏光分離素子に入射した光波はノコギリ状の形状に対応した位相分布を生じ、位相型の回折格子として機能することになる。更に、偏光方向により液晶層を通過するときの屈折率差が異なる。このため、入射した光波の偏光方向によって、位相分布が異なるために常光と異常光、つまりP波とS波により回折される方向が異なつて出射することになる。

- 15 第2レンズアレイ状でP波とS波を分離するため、分離可能な程度の回折角が必要となる。このため、偏光分離素子のノコギリ状のピッチを数十 μ m程度に小さくする必要がある。このとき、ノコギリ状の傾きを均一に厳密に設計する必要がある。これは、ノコギリ形状の傾きが回折素子のブレース角に相当するため、この形状及び
20 均一性が回折波の効率に影響する。つまり、ノコギリ状の溝が設計よりもずれてしまうと回折波が分散してしまい偏光分離素子による分離度が低下してしまうという課題が生じる。

- 25 ノコギリ状の溝の間隙の幅を大きくすれば、ノコギリ形状のピッチを大きくでき加工が容易になる。この場合、分離角を元の場合と同程度維持使用とすれば、液晶のセルギャップを厚くする必要がある。しかしながら、厚いセルギャップに液晶を均一に配向させるこ

とは難しく白濁等の現象が生じ、偏光分離素子の透過度を減少させ光利用効率が低下するという問題が新たに生じる。

プリズムを用いた偏光分離素子では、一端レンズ板により光束を絞り1列置きにプリズムアレイに入射する。そして、プリズムは偏
5 光ビームスプリッタの機能を有するため、例えばS波を透過しP波は直角に反射され、更に隣のプリズムで直角に反射され光の伝搬方向が先のS波と等しくなる。この後光路中に置かれた1/2波長板によって90°偏光方向が回転されP波となって出射する。

以上のような作用が各プリズム毎に行われるため、レンズ板に入
10 射した光波は光束の幅を大きく変えることなく、偏光方向が揃った光束を得ることができる。プリズムは誘電体多層膜と屈折率マッチングをとるための液体または固体で回りを満たしたキューブ形状で構成される。偏光分離度を高めるためには誘電体多層膜を何重にも成膜する必要がある、製造コストは高価になる。また、分離膜は光
15 の伝搬方向を90°曲げるため45°に配置している。このため、1つのプリズムを構成する分離膜の大きさによって厚さ方向の分離素子の大きさが固定され、素子を薄く小型にできないという課題が生じる。

本発明は、前記従来技術の課題を解決し、偏光選択制に優れ回折
20 効率の高い回折光学素子を偏光分離素子として利用した光利用効率の高い偏光照明装置を提供すること及びこの偏光照明装置と投写光学系を組み合わせ明るい投写映像を形成することができる投写型表示装置を実現することを目的とする。

また、近年、カーナビゲーション用のモニターや個人でビデオや
25 画像情報の視聴の目的のための持ち運び可能なディスプレイの用途が増加しているが、これらは、ヘッドアップディスプレイや、モバ

イルツールと呼ばれる携帯電話を始めとする携帯情報端末用の低消費電力タイプのディスプレイとして位置づけられている。このようなディスプレイに対して要求される共通の条件としては小型、軽量、薄型、低消費電力が上げられる。また、ヘッドアップディスプレイにおいては、表示画面と外界との切り換えを行う必要性もあり、画面が透明、つまり、シースルー画面であることが望ましい。

現在、以上のような要求に適しているディスプレイとしては液晶素子を用いたものが考えられる。液晶ディスプレイは従来のCRTのようなディスプレイに比べ、奥行き面積が少なく薄型化を実現することができる。また、画素サイズの小型化、大容量化やTFT素子の導入等により高精細化も進み、画質的にもますます向上してきている。

しかしながら、通常、液晶素子を用いたディスプレイの画像表示原理は液晶素子に印加する電界の大きさにより入射する光の偏光方向を変調する。そして、液晶素子の前後にクロスニコルに配置した偏光子を組み合わせることで、入射光の偏光状態による偏光子の透過度の差を利用して明暗等の画像情報を表示するものである。

このような方式では、偏光子は吸収タイプであるため光の透過度はあまり高くない。更に、偏光子をクロスニコルに組み合わせ構成しているため、この偏光子の組み合わせのみの状態では光の透過度はほとんどなく黒の状態である。従って、画像表示と併せて、前記液晶パネルを通して外界の情報を得ることは困難であり、シースルータイプのヘッドアップディスプレイとしての利用はできないという問題がある。

また、偏光子は光の吸収により特定の偏波成分のみを透過させる構成であるため、偏光子により吸収された光は内部で熱に変換され

る。入射する光量が増加すると、偏光子内部での発熱の影響が無視できなくなり、偏光子の光変調作用の機能の低下や素子の劣化といった問題が生じてくる。

液晶ディスプレイはCRTのような自発光タイプのデバイスではないため、画像表示用に専用の光源を必要とする。液晶ディスプレイの消費電力の内、この光源用に使用される電力の割合が全体の半分程度を占め低消費電力化に対する壁となっている。このため、専用の照明用の光源を用いることなく画像を表示する方式が検討されている。このための方式として、自然光や室内の照明光のような外部光を光源として利用して液晶素子と反射板を組み合わせた反射型の画像表示装置がある。この構成によれば専用の光源を必要としないため、低消費電力化が可能となる。

上記の方式では照明光として用いる外部光の状態により画像の表示状態が変化することになる。例えば、夜間室内の照明光が暗い場合や照明光が使用できないような場所での画像情報の視聴は困難となる。このため、内部の光源としてのバックライトと外部光とを使用する場所や環境条件等にあわせて切り換えを行い、低消費電力化と画像情報の視聴の利便性とを兼ね備えたような構成が望ましい。

しかしながら、外部光を利用するためには液晶素子の全面に1枚の偏光子を置いた反射型の構成をとるのが適しており、内部の光源を利用するためには液晶素子の前後にクロスニコルに偏光子を配置した透過型の構成にするのが適している。この両方式を同時に満足させるためには、偏光子を2枚用いた構成をとることが考えられるが、吸収型の偏光子を用いた場合は透過度が低く、外部光による反射型での画像表示においては画面の輝度が著しく低下し画質が劣化する。従って、内部光源と外部光との併用での使用は困難であると

いう課題がある。

本発明は、前記従来技術の課題を解決し、偏光選択性に優れ回折効率の高い回折光学素子を液晶素子と組み合わせて画像表示装置を構成し、シースルー型の表示が可能であり、また内部光源であるバックライトと外部光との併用ができる低消費電力型の画像表示装置を提供することを目的とする。更に、回折光学素子を屈折率分布に変調を持たせた透過型として用いることで、光の利用効率を高め、画像表示と同時に照明光用の照明装置としての多目的な応用を目指すものである。

10 一方、イオン交換等により作製された偏光選択性を有するホログラム素子を用いて光記憶媒体からの信号検出を行う場合、ホログラム素子の回折効率により信号検出は大きく影響される。具体的には、光ディスク等により反射され、位相板により偏光方向が初期と直交するように変化されてホログラム素子への入射する。

15 この時に、ホログラム素子の回折効率が低いと受光素子へ到達する光の強度が弱くノイズが増加し、正確な信号検出が困難となる。更に、回折されず透過した成分は光源である半導体レーザに照射されるため、半導体レーザへの戻り光量の増加によるレーザ発振の不安定性が起こり、光源自体でのノイズの発生等の課題が新たに生じてくる。

20 この課題を解決するためには、ホログラム素子の偏光選択性及び回折効率を向上させることが必要である。現在偏光選択性を有するホログラム素子として利用できる形態としては2次元の回折光学素子のタイプのものがある。これは、矩形の格子形状に対応するような屈折率分布を持たせ、入射する光の波長に対して隣合う格子毎に0と π の位相差を生じさせる。これを通過する光は、この矩形格子

の間隔に対応する特定方向に強められる結果として回折を生じる。

このような矩形格子からなるホログラム素子では、2次元のバイナリからなる形状のため回折波は左右対称に生じる。このため、回折強度が最も大きい1次の方向に集光される理想的な回折効率でさえ、40%程度に制限されるという課題がある。また、格子形状が設計値からずれた場合、0次光強度を始め1次光強度以外の高次に回折される強度割合が増加する。従って、必要とされる1次光強度が低下するばかりでなく高次に回折された光が半導体レーザへの戻り光として作用し、前述したようなレーザ発振に対しノイズを生じさせる原因となるという問題も生じてくる。

本発明は、前記従来技術の課題を解決し、偏光選択性に優れ回折効率の高い光情報処理装置に使用される回折光学素子及びこの素子の信頼性の高い製造方法を提供することを目的とする。

15

発 明 の 開 示

本発明は、上記課題を解決することを目的としてなされたものである。この目的を達成するための一群の発明は、次のように構成されている。

材料の組成の異なる複数の領域を有し、

20

前記複数の領域は、少なくとも特定の波長により硬化しかつ屈折率異方性を有する光硬化型液晶からなる第1の領域と、

該波長によって非硬化な液晶（以下、非重合性液晶と略記する）からなる第2の領域から形成され、

前記光硬化型液晶の硬化後の常光線に対する屈折率及び異常光線に対する屈折率が前記非重合性液晶の常光線に対する屈折率及び異常光線に対する屈折率と各々略等しいことを特徴とするホログラム

素子。

少なくとも、入射光束に対して偏光異方性を有し、

概ね第1の偏光成分のみ選択的に回折せしめる平板状の第1及び第2のホログラム素子からなり、

- 5 前記第1のホログラム素子に入射する入射光束と光軸のなす角 θ_0 と、

前記入射光束が前記第1のホログラム素子により回折された第1の出力光束が光軸となす角度 θ_1 と、

- 10 前記第1の出力光束が前記第2のホログラム素子に入射後回折されて出力される第2の光束が光軸となす角度 θ_2 が下式の

$$|\theta_1 - \theta_2| > 20$$

$$|\theta_0 - \theta_2| < 15$$

を満足することを特徴とする偏光分離素子。

- 15 光源と屈折率異方性を有する回折光学素子とこれに隣接して配置された全反射ミラーとを少なくとも具備し、

前記光源からの出射光の1方向の偏波成分（P波もしくはS波）は、前記回折光学素子を透過し前記反射ミラーにより反射され、再び前記回折光学素子を通過して出射し、

- 20 前記出射光に対し概ね直交する成分（S波もしくはP波）は前記回折光学素子の回折作用により伝搬方向を変化して出射する時、前記回折光学素子からの回折波と前記全反射ミラーからの反射波との伝搬方向が概ね同じであって相対的な出射角度が異なるように前記回折光学素子の所定波面が形成されていることを特徴とする偏光照明装置。

- 25 光源と

画素を形成すべくパターンニングされた透明導電性電極を具備した

対向する 2 枚の透明絶縁性基板で挟まれた液晶層を有する液晶素子と

液晶素子の両側に配置された回折光学素子と

を少なくとも含んで構成され、

- 5 光源からの出射光は一方の回折光学素子に入射し回折され、
前記回折光学素子への入射光量の概ね $1/2$ が液晶素子に入射し、

前記液晶素子の各画素毎に変調され、

- 前記変調度に応じて他方の回折光学素子を通過後の光の伝搬方向
10 が異なる作用により画像表示を行うことを特徴とする画像表示装置。

- 偏光を放射するレーザ、前記レーザから出射するレーザ光を光記憶媒体上に収束するための光学レンズ、前記光記憶媒体によって反射されるレーザ光の偏光方向を出射時の光の偏光方向に対して概ね
15 直角方向に回転させるための位相板、前記反射光の光路中に配置され所定波面を生成する回折光学素子、及び前記回折光学素子で回折される光を検出するための受光素子を少なくとも構成要素とする光情報処理装置に使用される回折光学素子であって、前記回折光学素子が屈折率異方性を有する光学媒体を用いて形成されており、且つ
20 前記光記憶媒体によって反射され、前記回折光学素子を透過後のレーザ光の全光量に対し 1 次の方向に回折される光量の割合が概ね $1/2$ 以上となるように所定波面が形成されていることを特徴とする回折光学素子。

- 互いにほぼ平行に配置され、それぞれ互いにほぼ等しい所定の偏
25 光成分を選択的に回折させる平板状の第 1 および第 2 のホログラム素子を備え、

上記第 1 のホログラム素子に入射し、上記第 1 および上記第 2 のホログラム素子により回折されて上記第 2 のホログラム素子から出射する回折光束と、

上記第 1 のホログラム素子に入射し、上記第 1 および上記第 2 の
5 ホログラム素子を透過して上記第 2 のホログラム素子から出射する透過光束とのなす角度が 0° を越え、かつ、 15° 未満であるとともに、

上記第 1 のホログラム素子に入射し、上記第 1 および第 2 のホログラム素子により回折される光束における、それぞれのホログラム
10 素子に入射する光束とそれぞれのホログラム素子により回折された光束とのなす角度が、それぞれ 20° を越えることを特徴とする偏光分離素子。

印加される電圧に応じて、入射した光の偏光方向を変調する液晶素子と、

15 上記液晶素子の両面側にそれぞれ配置され、所定の偏光成分を選択的に回折させる一方、上記所定の偏光成分と偏光方向が直交する偏光成分を透過させる第 1 および第 2 の 1 対の回折光学素子とを備えたことを特徴とする画像表示装置。

物体光と参照光を干渉せしめて作成されるホログラム素子であつて、前記物体光が略平行な光束（以下、物体光束と略記する）であり、前記参照光が発光手段から発せられる第 1 の光束を集光及び伝搬せしめる照明手段からの出力光束と略等価な波面を有する光束（以下、参照光束と略記する）であることを特徴とするホログラム素子。

25 少なくとも、画像表示手段と、前記画像表示手段を照明する照明手段を備え、前記画像表示手段は、該画像表示手段に入射する前記

- 照明手段からの照明光を変調し出力することで画像を表示し、前記照明手段は、少なくとも発光手段と、前記発光手段の出力光束を集光する第 1 の集光手段と、前記第 1 の集光手段の出力光束の波面を変換する第 1 の波面変換手段からなり、前記第 1 の波面変換手段
- 5 は、前記第 1 の集光手段の出力光束の波面と略等価な第 1 の光束と、第 2 の光束を干渉せしめて形成した第 1 のホログラム素子であることを特徴とする画像表示装置。

- 複数の微小領域からなる回折光学素子であって、前記微小領域の出力光束は、前記回折光学素子の法線方向と所定の角度で交わる平
- 10 面上で概ね互いに重なりあう光束であることを特徴とする回折光学素子。

図面の簡単な説明

- 図 1 は従来の投写型画像表示装置の構成図である。
- 15 図 2 は従来の画像表示装置の構成図
- 図 3 は従来の投写型画像表示装置に用いるインテグレータを示す構成図である。
- 図 4 は従来の投写型画像表示装置に用いるインテグレータを示す構成図である。
- 20 図 5 は実施の形態 1 で構成した画像表示装置の構成図である。
- 図 6 は画像表示装置に用いるホログラム素子を作製するための光束の照明方法を示す図である。
- 図 7 は画像表示装置に用いるホログラム素子を作製するための光束の照明方法を示す図である。
- 25 図 8 は画像表示装置に用いるホログラム素子を作製するための光束の照明方法を示す図である。

図 9 は画像表示装置に用いるホログラム素子を作製するための入射光束を発生させる原理図である。

図 10 は画像表示装置に用いるホログラム素子を作製するための入射光束を発生させる原理図である。

5 図 11 は実施の形態 1 で構成した他の画像表示装置の構成図である。

図 12 は実施の形態 1 で構成した他の画像表示装置の構成図である。

図 13 は実施の形態 1 で構成した画像表示装置の構成図である。

10 図 14 は実施の形態 1 で構成した他の画像表示装置の構成図である。

図 15 は実施の形態 1 で構成した他の画像表示装置の構成図である。

15 図 16 は実施の形態 1 で構成した他の画像表示装置の構成図である。

図 17 は実施の形態 2 で構成した他の画像表示装置の構成図である。

図 18 は実施の形態 3 で構成した他の画像表示装置の構成図である。

20 図 19 は同他の画像表示装置に用いる偏光変換素子を示す図である。

図 20 は実施の形態 1 の画像表示装置の構成図である。

図 21 はホログラム素子を作製するための光学系の構成図である。

図 22 は実施の形態 2 の画像表示装置の構成図である。

25 図 23 は実施の形態 3 の画像表示装置の構成図である。

図 24 は実施の形態 4 の画像表示装置の構成図である。

- 図 2 5 は実施の形態 5 の画像表示装置の構成図である。
- 図 2 6 は一実施の形態で構成した画像表示装置の構成図である。
- 図 2 7 は回折光学素子の平面図である。
- 図 2 8 は一実施の形態で構成した他の画像表示装置の構成図である。
- 5 図 2 9 は一実施の形態で構成した他の画像表示装置の構成図である。
- 図 3 0 は一実施の形態で構成した他の画像表示装置の構成図である。
- 10 図 3 1 は一実施の形態で構成した他の画像表示装置の構成図である。
- 図 3 2 は回折光学素子の平面図である。
- 図 3 3 はホログラム素子の作製方法の説明図である。
- 図 3 4 はホログラム素子の他の作製方法の説明図である。
- 15 図 3 5 は一実施の形態で構成した他の画像表示装置の構成図である。
- 図 3 6 は一実施の形態で構成した他の画像表示装置の構成図である。
- 図 3 7 は一実施の形態で構成した他の画像表示装置の構成図である。
- 20 図 3 8 は一実施の形態で構成した他の画像表示装置の構成図である。
- 図 3 9 は一実施の形態で構成した他の画像表示装置の構成図である。
- 25 図 4 0 (a) は一実施の形態で構成したホログラム素子の構成及び液晶分子の配列、及び各領域の屈折率を示す図である。

図 4 0 (b) は一実施の形態で構成したホログラム素子の構成及び液晶分子の配列、及び各領域の屈折率を示す図である。

図 4 1 は一実施の形態で構成したホログラム素子の斜めに入射する光束に対する機能及び各領域の屈折率を示す図である。

- 5 図 4 2 (a) は他の実施の形態で構成したホログラム素子の構成及び液晶分子の配列、及び各領域の屈折率を示す図である。

図 4 2 (b) は他の実施の形態で構成したホログラム素子の構成及び液晶分子の配列、及び各領域の屈折率を示す図である。

図 4 3 は一実施の形態で構成した偏光分離素子の構成図である。

- 10 図 4 4 は一実施の形態で構成した偏光分離素子の一プロセスにおける液晶の配向状態を表した平面図である。

図 4 5 は一実施の形態で構成した偏光分離素子の一プロセスにおける液晶の配向状態及び、入力される干渉稿の強度分布を表した模式図である。

- 15 図 4 6 は一実施の形態で構成した偏光分離素子における液晶の配向状態を表した模式図である。

図 4 7 は一実施の形態で構成した偏光分離素子の効率を表した図である。

図 4 8 は回折光学素子の内部構成の一例を示す断面図である。

- 20 図 4 9 (a) は回折光学素子の角度及び波長依存性の一例を示す図である。

図 4 9 (b) 回折光学素子の角度及び波長依存性の一例を示す図である。

- 25 図 5 0 は回折光学素子を用いた偏光照明装置の一実施の形態の構成図である。

図 5 1 は回折光学素子を用いた偏光照明装置の一実施の形態の構成図である。

5 図 5 2 は回折光学素子を用いた偏光照明装置の一実施の形態の構成図である。

図 5 3 は回折光学素子を用いた偏光照明装置の一実施の形態の構成図である。

図 5 4 は回折光学素子を用いた偏光照明装置の一実施の形態の構成図である。

10 図 5 5 は回折光学素子を用いた投写型表示装置の一実施の形態の構成図である。

図 5 6 は回折光学素子を用いた偏光照明装置の一実施の形態の構成図である。

図 5 7 はホログラム素子を用いた画像表示装置の構成図である。

15 図 5 8 (a) は透過型のカラー表示タイプの投写型表示装置の一実施の形態を示す構成図である。

図 5 8 (b) は透過型のカラー表示タイプの投写型表示装置の一実施の形態を示す構成図である。

20 図 5 9 (a) は反射型のカラー表示タイプの投写型表示装置の一実施の形態を示す構成図である。

図 5 9 (b) は透過型のカラー表示タイプの投写型表示装置の一実施の形態を示す構成図である。

図 6 0 は回折光学素子を用いた画像表示装置の一実施例の形態の構成図である。

25 図 6 1 は回折光学素子を用いた画像表示装置の他の実施の形態の構成図である。

図 6 2 は回折光学素子を用いた反射型の画像表示装置の一実施例の形態の構成図である。

図 6 3 は回折光学素子を用いたバックライト併用の反射型の画像表示装置の一実施の形態の構成図である。

- 5 図 6 4 は回折光学素子を用いた画像表示装置の一実施の形態の構成図である。

図 6 5 は回折光学素子を用いた画像表示装置及び照明装置としての一実施の形態の構成図である。

- 10 図 6 6 は回折光学素子を用いた画像表示装置の一実施の形態の構成図である。

図 6 7 は回折光学素子を用いた小型画像表示装置の一実施の形態の構成図である。

図 6 8 (a) はホログラム素子を用いた他の構成の画像表示装置の構成図である。

- 15 図 6 8 (b) はホログラム素子を用いた他の構成の画像表示装置の構成図である。

図 6 9 (a) 他の実施の形態の画像表示装置に用いられるホログラム素子の構成図である。

- 20 図 6 9 (b) 他の実施の形態の画像表示装置に用いられるホログラム素子の構成図である。

図 7 0 は回折光学素子を用いた光情報処理装置の一実施の形態の構成図である。

図 7 1 (a) は一軸性の光学媒体の屈折率楕円体に基づく屈折率変調の一例を示す図である。

- 25 図 7 1 (b) は一軸性の光学媒体の屈折率楕円体に基づく屈折率変調の一例を示す図である。

図 7 2 は回折光学素子の製造方法の一実施の形態で構成した光学系を示す図である。

図 7 3 は回折光学素子の製造方法の一実施の形態で構成した光学系を示す図である。

5 図 7 4 は従来の直視型の液晶表示装置の構成図である。

図 7 5 (a) は従来の光スイッチの構成及び各領域の屈折率を示す図である。

図 7 5 (b) は従来の光スイッチの構成及び各領域の屈折率を示す図である。

10 図 7 6 (a) は斜めの入射光に対する従来の光スイッチの機能及び各領域の屈折率を示す図である。

図 7 6 (b) は斜めに入射する光束の屈折率異方性を表す屈折率楕円体の構成図である。

図 7 7 は従来の偏光証明装置の構成図である。

15 図 7 8 は従来の他の偏光証明装置の構成図である。

図 7 9 は従来例の液晶表示装置の構成図である。

発明を実施するための最良の形態

20 実施例に基づいて本発明の内容を具体的に説明する。

(実施の形態 A 1 - 1)

マイクロカラーフィルタを備えた 1 枚の画像表示素子を用いてフルカラー画像を表示する、いわゆる単板方式の画像表示装置の例を説明する。

25 画像表示装置 101 は、図 5 に示すように、ランプ 102 とリフレクタ 103 とから成る照明光学部 104 と、回折光学素子である

ホログラム素子 105 と、画像表示素子 106 と、投射レンズ 107 とが設けられて構成されている。

上記ランプ 102 としては、例えば定格出力が 400 ワットのメタルハライドランプが用いられる。このランプ 102 の発光領域の形状はほぼ円筒状で、光軸方向の発光領域（アーク）の長さは約 4 ミリである。なお、ランプ 102 としては、メタルハライドランプに限らず、ハロゲンランプや、キセノンランプ、超高圧水銀ランプ等を使用することもできる。

上記リフレクタ 103 は、反射面が放物面をなすように形成され、ランプ 102 は、発光領域の中心軸が放物面の光軸にほぼ一致し、上記放物面の焦点と発光領域の中心とがほぼ一致するように配置されている。ただし、ランプ 102 は理想的な点光源ではなく、発光領域がある程度の大きさを有しているため、反射光束 P は厳密に平行に進む光束ではない。

ホログラム素子 105 は、上記のような反射光束 P をほぼ正確に平行な平行光束（平面波）Q に変換して画像表示素子 106 に入射させるようになっている。すなわち、反射光束 P が参照光として入射されることにより、平行光束 Q が物体光として再生出力される。上記ホログラム素子 105 は、例えば赤、緑、および青の波長の 3 種類のレーザ光を用いて多重露光して形成されるが、詳細については後述する。

画像表示素子 106 は、各画素ごとに赤、緑、または青の光を透過させる領域が形成されたマイクロカラーフィルタと、各画素ごとに透過する光の光量を制御する液晶パネルとを備え、各画素ごとに透過する光を輝度変調して、輝度変調された光束 R を投射レンズ 107 に入射させるようになっている。

投射レンズ 107 は、入射した光束を図示しないスクリーンに拡大投射するようになっている。

上記のように、ホログラム素子 105 によって、リフレクタ 103 からの反射光束 P が平行光束 Q に変換されることにより、ランプ 102 が高出力で発光領域が大きい場合でも、理想的な点光源を用いた場合と同様の光束が得られる。それゆえ、ホログラム素子 105 を用いない場合に比べて、1.2 倍の投射効率、すなわち 1.2 倍明るい投射画像を得ることができる。

次に、上記ホログラム素子 105、およびその作製方法について詳細に説明する。

このホログラム素子 105 は、上記反射光束 P とほぼ等価な波面を有する参照光としての光束（以下「実光束」という。）、および上記平行光束 Q とほぼ等価な波面を有する物体光としての光束（以下「理想光束」という。）とを例えばフォトポリマー等のホログラム材料に照射して 2 光束干渉縞を形成することにより作製される。これにより、ホログラム素子 105 は、リフレクタ 103 からの反射光束 P を参照光として入射させることにより、物体光として上記のようにほぼ正確に平行な平行光束 Q を出射させることができる。

ここで、光束と波面について簡単に説明する。一般に光は正弦的に振動する波動として下記（数 1）で記述することができる。

【数 1】

$$u = A \exp i (\omega t - k \cdot r)$$

但し、A は複素振幅、i は虚数単位、 ω は角速度、t は時刻、k は波動ベクトル、r は空間の座標を決める位置ベクトルである。

この波動ベクトルと垂直な面を一般に波面と呼ぶ。

光束とは複数の光波（波動としての光）が集まったものであり、等方性の媒質中では波動ベクトルが光波の進行方向を意味することから、「光束の波面」を「複数の光波の波面の集合体」と定義する。

- 5 また、例えば「反射光束Pまたは平行光束Q（実光束または理想光束）とほぼ等価な波面」とは、「反射光束Pまたは平行光束Qに含まれるあらゆる光波の波面とおおよそ等しい波面の集合体」と定義する。

- 10 また、例えば「反射光束Pまたは平行光束Qとほぼ等価な波面を有する光束」とは、「反射光束Pまたは平行光束Qに含まれるあらゆる光波の波面とおおよそ等しい波面を有する光波の集合体である光束」と定義する。

- 15 ホログラム素子105は、図6に示すように、それぞれ、実光束発生手段110または理想光束発生手段111から出力される可干渉な実光束Sと理想光束Tとをハーフミラー112を介してホログラム材料113に同一方向から照射し、干渉縞を生じさせることにより、透過型のホログラム素子として形成される。また、図7に示すように、ハーフミラーを112介さずに、実光束Sと理想光束Tとを直接ホログラム材料113に照射するようにしてもよい。さら
- 20 に、図8に示すように、ホログラム材料113の両面側から実光束Sと理想光束Tとを照射することにより、リップマン型のホログラム素子として形成するようにしてもよい。なお、図6～図8においては、便宜上、実光束発生手段110が、ランプ102とリフレクタ103とを有し、理想光束発生手段111が、点光源111aと
- 25 リフレクタ111bとを有するように描いているが、これは、実光束発生手段110が、前記ランプ102からリフレクタ103を介

して出力される反射光束Pとほぼ等価な波面を有する実光束を出力する一方、理想光束発生手段111が、前記ほぼ正確に平行な平行光束Qとほぼ等価な波面を有する理想光束を出力するように構成されていることを示すものである。

- 5 上記ホログラム材料113としては、例えば塩乳剤（漂白タイプ）や、鉄をドーピングしたニオブ酸リチウムなどのフォトリフラクティブ結晶、重クロム酸ゼラチン、フォトポリマ等の一般的なホログラム材料、干渉縞を凹凸の変化として記録するフォトレジスト（これらは2光束干渉ではなく計算などに基づいて作製する場合、
- 10 電子ビーム描画、イオンビームエッチング、エンボス法等で形成される。）、フォトサーモプラスチック、UVキュアラブル液晶、液晶ポリマーとフォトレジストの混合物等を用いることもできる。

- 上記実光束発生手段110および理想光束発生手段111は、具体的には、例えばそれぞれ以下のような3つの構成のものを用いる
- 15 ことができる。まず、各構成の概要について説明する。

- 実光束発生手段110の第1の構成は、画像表示装置101のランプ102における発光領域と同様の形状を有し、可干渉な光束を発する模擬発光体を用い、この模擬発光体からの光束を画像表示装置101のリフレクタ103と同様のリフレクタで反射させて実光
- 20 束Sとするようにしたものである。

第2の構成は、リフレクタや模擬発光体などを用いることなく、上記第1の構成におけるリフレクタ103から反射される実光束Sとほぼ等価な発散角等の光束を直接生じさせるようにしたものである。

- 25 第3の構成は、上記第1の構成、または第2の構成により生じた実光束S（物体光）と、所定の光束（参照光）とを干渉させてマス

ターホログラムを作製し、このマスターホログラムに上記所定の光束と同じ光束（参照光）を照射して、実光束 S（物体光）を再生するようにしたものである。

また、理想光束発生手段 1 1 1 の第 1 の構成は、実光束発生手段 5 1 1 0 の第 1 の構成と同様に模擬発光体とリフレクタを用いるものである。ただし、模擬発光体として、理想的なランプの発光領域の形状、すなわち点光源を模した、サイズの小さいものを用いるとともに、リフレクタとして、精度の高いものを用いることが好ましい。

10 第 2 の構成は、実光束発生手段 1 1 0 の第 2 の構成と同様にリフレクタや模擬発光体などを用いることなく、理想光束 T そのものを直接発生させるようにしたものである。

第 3 の構成は、やはり実光束発生手段 1 1 0 の第 3 の構成と同様に、上記第 1 の構成、または第 2 の構成により生じた理想光束 T 15 （物体光）と、所定の光束（参照光）とを干渉させて作製したマスターホログラムを用いるものである。

以下、上記実光束発生手段 1 1 0 および理想光束発生手段 1 1 1 の各具体的な構成について、詳細に説明する。

実光束発生手段 1 1 0 の第 1 の構成は、図 9 に示すように、リフ
20 レクタ 1 2 1 の内部に模擬発光体 1 2 2 が細い針状の支持部材（不図示）に支持されて配置されたものである。上記リフレクタ 1 2 1 は、画像表示装置 1 0 1 のリフレクタ 1 0 3 と同様の形状のものが用いられる。ここで、リフレクタ 1 0 3、1 2 1 の形状は、ホログラム素子 1 0 5 からどのような光束を出力させるかに係らず設定す
25 ることができる。すなわち、画像表示装置 1 0 1 において実際にホログラム素子 1 0 5 から出力される光束は、理想光束 T と等価なも

のとなるので、例えばリフレクタ 1 0 3, 1 2 1 に楕円面鏡を用いて、ホログラム素子 1 0 5 から点光源と放物面鏡とから得られるのと等価な平行光束を出力させるようにしたり、リフレクタ 1 0 3, 1 2 1 に放物面鏡を用いて、ホログラム素子 1 0 5 から楕円面鏡や
5 球面鏡から得られるのと等価な収束光束を出力させるようにしたりすることもできる。

また、上記模擬発光体 1 2 2 の形状および位置は、画像表示装置 1 0 1 のランプ 1 0 2 における発光領域と同様に設定されている。具体的には、例えばランプ 1 0 2 が前記のようにメタルハライドランプである場合には、円柱状で、その長軸がリフレクタ 1 2 1 の光軸にほぼ一致するように配置される。また、ランプ 1 0 2 がキセノンランプである場合には、ほぼ球状で、その中心がリフレクタ 1 2 1 の光軸上に位置するように配置される。また、模擬発光体 1 2 2 は、光の反射性を有する材料から成り、リフレクタ 1 2 1 の開口部
15 1 2 1 a から入射したレーザ光 U をリフレクタ 1 2 1 内で散乱させて、実光束 S を生じるようになっている。すなわち、ランプ 1 0 2 の発光領域と同様の形状で可干渉な光束を発する発光体を形成することは困難であるが、上記のように模擬発光体 1 2 2 を用いることにより、容易に同様の光束を発生させて実光束 S を得ることができ
20 る。模擬発光体 1 2 2 の具体的な材料としては、アルミニウムやステンレス等の金属材料を用いたり、ガラスやセラミック、または樹脂材料等の表面に光の反射性を有する金属薄膜等を形成したものを
用いたりすることができる。また、模擬発光体 1 2 2 の表面は、機械的または化学的な加工などによって若干の散乱性を持たせることが好ましい。さらに、模擬発光体 1 2 2 の表面に、ランプ 1 0 2 の
25 発光管（石英等から成る球状などのケーシング）と等価な石英やガ

ラスなどの被覆を施してもよい。

なお、レーザ光Uを模擬発光体122の全表面にわたって照射するためには、レーザ光Uを走査したり、リフレクタ121における複数の開口部121aから同時に、または順次照射したりするよう
5 にすればよい。また、順次照射する場合には、ホログラム材料113を多重露光するようにすればよい。さらに、ランプ102における発光領域の内部から発せられる光束についても、正確に波面変換を行い得るようにするためには、上記模擬発光体122よりも小さな外形を有するいくつかの模擬発光体を用いて、ホログラム材料1
10 13を多重露光するようにすればよい。これにより、一層波面変換効率を向上させることができる。また、模擬発光体122で散乱された光束のうち、リフレクタ121で反射されずに直接ホログラム材料113に至る光束も生じるが、これにより、画像表示装置101の使用時においてランプ102から直接照射されるような光束も
15 有効に利用することができるホログラム素子105を形成することができる。すなわち、ランプ102から直接照射される光束は、発散角が大きいため、従来の画像表示装置ではほとんど画像表示素子106を介して投射レンズ107に至らず、有効に利用することができなかったが、本発明によれば、そのような光束も有効に利用
20 され、一層投射効率を高くすることができる。また、レーザ光Uは、可視光領域のいずれかの波長のものを用いてもよいが、3原色に対応する波長のものを順次用いてホログラム材料113を多重露光すれば、より高い効率で波面変換を行い得るようにすることができる。

25 実光束発生手段110の第2の構成は、例えばリフレクタ103が図10に示すような、下記(数2)で示される放物線をZ(光

軸) 軸回りに回転させた放物面鏡である場合、例えば同図の A 点を通り、光束 S 1 ~ S 2 の範囲の角度で発散する光束を実光束 S とするようにしたものである。

【数 2】

$$z = x^2 / 2p + p / 2$$

ただし、p は正の定数である。

すなわち、ランプ 102 の発光領域がメタルハライドランプのように円筒状であって放物面の焦点 F (p, 0) を中心として点 C (p + Δz, 0) と点 D (p - Δz, 0) との間に位置する場合、
10 焦点 F から放物面上の点 A に向けて発せられた光束は、点 A から z 軸に平行な方向 (S 0) に進み、点 C、D から発せられた光束は、S 0 と角度 Δθ 1 または Δθ 2 をなす方向に進む。そこで、例えば x 軸を含み z 軸に垂直な平面上に平面状の模擬発光面 131 を配置
15 するとすると、この模擬発光面 131 の表面側から照射されたレーザー光の反射光、または裏面側から照射されたレーザー光の透過光が、上記 S 0、S 1、S 2 などの方向に進むように、模擬発光面 131 の表面形状を形成することにより、実光束 S を得ることができる。
より具体的には、例えばシート状の樹脂材料や、金属材料、プラスチック材料、また、これらの表面にフォトレジスト層を形成したものなどに、電子ビーム露光や、エンボス加工、イオンビームエッチ
20 ングなどによって鋸刃状、階段状などの凹凸を形成することにより、上記のような模擬発光面 131 を構成することができ、この模擬発光面 131 にレーザー光を照射して反射または透過させて得られる実光束 S でホログラム材料 113 を露光することにより、ホログ
25 ラム素子 105 を形成することができる。

実光束発生手段 110 の第 3 の構成は、前述のように、上記第 1 の構成、または第 2 の構成により生じた実光束 S と、所定の光束との 2 光束干渉縞をホログラム材料に記録してマスターホログラムを作製し、このマスターホログラムに上記所定の光束と同じ光束を照射して、実光束 S を再生するようにしたものである。このようなマスターホログラムを用いることにより、第 1 の構成または第 2 の構成によって多重露光を行う場合と同様のホログラム素子 105 を 1 回の露光で作製することができる。なお、マスターホログラムの材料としては、前記ホログラム素子 105 のホログラム材料 113 について説明したような種々のものを用いることができる。

また、理想光束発生手段 111 の第 1 の構成は、上記実光束発生手段 110 の第 1 の構成と同様に模擬発光体とリフレクタを用いるものであるが、模擬発光体として前述のように点光源を模したサイズの小さいものを用いる点、およびリフレクタとして、実際の画像表示装置 101 で用いられるリフレクタ 103 の形状や精度に係らず、所望の理想光束が得られる形状および精度のリフレクタを用いる点が異なる。すなわち、理想光束として平行光束を得る場合には、放物面鏡を用い、模擬発光体を放物面の焦点に配置すればよい。また、所定の 1 点に集光する光束を得る場合には、楕円面鏡を用い、模擬発光体を一方の焦点に配置したり、球面鏡を用いて模擬発光体を球面の中心に配置したりすればよい。

理想光束発生手段 111 の第 2 の構成は、前述のようにリフレクタや模擬発光体などを用いることなく、理想光束 T そのものを直接発生させるようにしたもので、例えばレーザ光を屈折光学系により拡大するなどして、ほぼ平面波とした平行光束や、収束光束、発散光束などを生じさせるようにしたものである。

理想光束発生手段 1 1 1 の第 3 の構成は、上記第 1 の構成、または第 2 の構成により生じた理想光束 T と、所定の光束との 2 光束干渉縞をホログラム材料に記録してマスターホログラムを作製し、このマスターホログラムに上記所定の光束と同じ光束を照射して、理想光束 T を再生するようにしたものである。

(実施の形態 A 1 - 2)

画像表示装置の他の例を説明する。なお、以下の説明においては、前記実施の形態 A 1 - 1 と同様の機能を有する構成要素については同一の符号を付して詳細な説明を省略する。

10 ホログラム素子 1 0 5 は、上記のように平行光束 Q を出力するものに限らず、図 1 1 に示すように、投射レンズ 1 0 7 の入射瞳に結像される収束光束 Q 1 を出力するようにしてもよい。このようなホログラム素子 1 0 5 は、理想光束発生手段 1 1 1 によって、所定の 1 点に向けて収束する光束を生じさせることにより作製することができる。

15 上記のような収束光束 Q 1 を出力するホログラム素子 1 0 5 を用いることにより、さらに投射効率が向上し、ホログラム素子 1 0 5 を用いない場合に比べて、1.5 倍明るい投射画像を表示させることができる。

20 (実施の形態 A 1 - 3)

上記のような放物面鏡のリフレクタ 1 0 3 に代えて、図 1 2 に示すように、球面鏡のリフレクタ 1 4 1 と集光レンズ 1 4 2 とを用いるようにしてもよい。この場合のホログラム素子 1 0 5 は、実光束発生手段 1 1 0 によって、集光レンズ 1 4 2 から出力される光束と
25 同様の光束を生じさせるとともに、理想光束発生手段 1 1 1 によって平行光束を生じさせることにより、作製することができ、実施の

形態 A 1 - 1 と同様の平行光束 Q 2 を出力させることができる。なお、実施の形態 A 1 - 2 と同様に、理想光束発生手段 1 1 1 によって、所定の 1 点に向けて収束する光束を生じさせてホログラム素子 1 0 5 を作製し、投射レンズ 1 0 7 の入射瞳に結像される収束光束 5 が出力されるようにしてもよい。

(実施の形態 A 1 - 4)

さらに、図 1 3 に示すように、楕円面鏡のリフレクタ 1 4 3 を用いるようにしてもよい。この場合には、ランプ 1 0 2 を楕円面の一方の焦点付近に配置することにより、リフレクタ 1 4 3 からの反射光 10 は他方の焦点付近に集光する光束となる。ただし、ランプ 1 0 2 の発光領域がある程度の大きさを有するために、リフレクタ 1 4 3 からの反射光は、正確には他方の焦点に集光しないが、このような光束であっても、理想光束発生手段 1 1 1 により所定の 1 点に向けて収束する光束を生じさせて作製されたホログラム素子 1 0 5 を用 15 いることにより、実施の形態 A 1 - 2 と同様に投射レンズ 1 0 7 の入射瞳に結像される収束光束 Q 3 を得ることができる。なお、上記のように楕円面鏡のリフレクタ 1 4 3 を用いる場合での、理想光束発生手段 1 1 1 によって平行光束を生じさせて作製されたホログラム素子を用いて、実施の形態 A 1 - 1 と同様の平行光束を出力させ 20 るようにしてもよい。

(実施の形態 A 1 - 5)

光源光を赤、緑、青の 3 原色の光に色分解し、それぞれの色の光に対応した 3 枚の透過型の画像表示素子を用いてフルカラー画像を表示する、いわゆる 3 板方式の画像表示装置の例を説明する。

25 画像表示装置 1 5 1 には、図 1 4 に示すように、実施の形態 A 1 - 1 と同様にランプ 1 0 2 とリフレクタ 1 0 3 とから成る照明光学

部 1 0 4 と、ホログラム素子 1 0 5 とが設けられ、ホログラム素子 1 0 5 から平行光束 Q が出力されるようになっている。この平行光束 Q は、ダイクロイックミラー 1 5 2 , 1 5 3 によって赤、緑、青の 3 原色の光束に分離され、全反射ミラー 1 5 4、およびコンデン
5 サレンズ 1 5 5 を介して、赤、緑、青の画素に対応する液晶パネル 1 5 6 ~ 1 5 8 に入射して輝度変調された後、全反射ミラー 1 5 9、およびダイクロイックミラー 1 6 0 , 1 6 1 により構成される色合成系によって合成され、投射レンズ 1 0 7 によって図示しないスクリーンに拡大投射されるようになっている。

10 上記のような 3 板方式の画像表示装置 1 5 1 においては、単板方式に比べて光路長が長くなる。このため、従来の画像表示装置においては、光束の発散によるロスが大きくなりがちであるが、上記のようにホログラム素子 1 0 5 を用いることによってほぼ完全な平行光束 Q が得られるため、明るい投射画像を表示させることができ
15 る。

(実施の形態 A 1 - 6)

反射型の画像表示素子を用いた 3 板方式の画像表示装置の例を説明する。

画像表示装置 1 7 1 には、図 1 5 に示すように、実施の形態 A 1
20 - 1 と同様にランプ 1 0 2 とリフレクタ 1 0 3 とから成る照明光学部 1 0 4 と、ホログラム素子 1 0 5 とが設けられ、ホログラム素子 1 0 5 から平行光束 Q が出力されるようになっている。この平行光束 Q は、全反射ミラー 1 7 2 を介して P B S (偏光ビームスプリッタ) 1 7 3 に入射し、ランダムな偏光の光束がほぼ直線偏光の光束
25 に変換されるようになっている。ほぼ直線偏光に変換された光束は、レンズ 1 7 4 を介してダイクロイックミラー 1 7 5 , 1 7 6 に

よって3原色の光束に分離され、反射型液晶表示素子177~179に入射して輝度変調された後、上記ダイクロイックミラー175, 176によって合成され、投射レンズ107によって図示しないスクリーンに拡大投射されるようになっている。なお、PBSを
5 3個用いるようにしてもよい。

上記のような反射型の3板方式の画像表示装置171においても、やはり単板方式に比べて光路長が長くなるが、従来の画像表示装置では投射効率が例えば1ルーメン/ワットと低いのに対して、
10 上記ホログラム素子105を用いた画像表示装置171では、1.8ルーメン/ワットと高い投射効率を得ることができる。

(実施の形態A1-7)

ホログラム素子とともに、さらにインテグレータが設けられた画像表示装置の例を説明する。

画像表示装置181には、図16に示すように、実施の形態A1-1と同様にホログラム素子105が設けられるとともに、ホログラム素子105と画像表示素子106との間に、第1の蠅の目レンズ182および第2の蠅の目レンズ183から成るインテグレータ184が設けられている。
15

上記第1の蠅の目レンズ182および第2の蠅の目レンズ183
20 は、それぞれ微小なレンズ群が形成されている。すなわち、第1の蠅の目レンズ182の各微小レンズは、それぞれ第2の蠅の目レンズ183における対応する微小レンズ上に発光領域(発光体)の像を結像させるようになっている。また、第2の蠅の目レンズ183の各微小レンズは、それぞれ第1の蠅の目レンズ182の各微小レ
25 ンズの像を画像表示素子106上の全面に重ね合わせて結像させるようになっている。これにより、照明光学部104から出力される

光束が複数に分割され、それぞれ画像表示素子 106 上で重ね合わ
されることにより、表示画像における中央部と周辺部となどでの光
量むらの低減が図られる。

また、ホログラム素子 105 は、実光束発生手段 110 によって
5 照明光学部 104 から出力される反射光束 P とほぼ等価な波面を有
する光束を生じさせるとともに、理想光束発生手段 111 によって
平行光束を生じさせることにより作製されている。

ここで、実際に作製されるホログラム素子 105 には、色収差や
倍率収差が発生することがあるとともに、ホログラム素子 105 か
10 ら出力される平行光束 Q は、完全に理想的な平行光束であるとは限
らず、必ずしも変換効率は 100% ではない。すなわち、照明光学
部 104 から出力される反射光束 P の大部分は理想的な平行光束に
変換されるが、一部の光束は、そのまま平行光束 Q 中に含まれたり
することがある。そこで、上記のようにホログラム素子 105 を有
15 しない従来の画像表示装置に用いられるものと同様のインテグレー
タ 184 等と組み合わせることによって、ホログラム素子 105 に
より平行光束に変換されなかった光束なども有効に利用されるよう
になり、ホログラム素子 105 の収差や波面変換ロスを補償するこ
とができる。

20 それゆえ、ホログラム素子 105 を設けることなく、インテグレ
ータ 184 だけを設けた従来の画像表示装置場合に比べて、1.4
倍の高い投射効率を得ることができる。また、周辺光量比（全白信
号による表示をした場合の画面中央部の明るさと周辺部分の明るさ
との比）は、従来と同等の 70% 以上の高い値を得ることができ
25 る。

（実施の形態 A 1 - 8）

画像表示素子として、例えば米国特許第 5 0 9 6 2 7 9 号に開示されているような反射型偏向素子が用いられる例を説明する。

画像表示装置 1 9 1 には、図 1. 7 に示すように、ランプ 1 0 2 とリフレクタ 1 0 3 とから成る照明光学部 1 0 4 と、実施の形態 A 1
5 - 7 と同様のインテグレータ 1 8 4 と、反射型偏向素子である画像表示素子 1 9 2 と、投射レンズ 1 0 7 とが設けられている。また、インテグレータ 1 8 4 の第 1 の蠅の目レンズ 1 8 2 と第 2 の蠅の目レンズ 1 8 3 との間にホログラム素子 1 0 5 が設けられる一方、インテグレータ 1 8 4 と画像表示素子 1 9 2 との間には、インテグ
10 - ータ 1 8 4 から出力される光束を平行光束にするレンズ 1 9 3 が設けられている。

上記ランプ 1 0 2 としては、4 0 0 ワットのメタルハライドランプが用いられ、リフレクタ 1 0 3 には放物面鏡が用いられている。
ランプ 1 0 2 の発光領域の形状はほぼ円筒状で、光軸方向の発光領
15 域（アーク）の長さは約 4 ミリである。このランプ 1 0 2 は、発光領域がリフレクタ 1 0 3 の焦点付近に位置し、発光領域の中心軸がリフレクタ 1 0 3 の光軸にほぼ一致するように配置されている。

ホログラム素子 1 0 5 は、実光束発生手段 1 1 0 によって照明光学部 1 0 4 から出力され、第 1 の蠅の目レンズ 1 8 2 を介した光束
20 とほぼ等価な波面を有する光束を生じさせるとともに、理想光束発生手段 1 1 1 によって平行光束が第 1 の蠅の目レンズ 1 8 2 を介した光束、またはこれと等価な光束を生じさせることにより作製されている。

レンズ 1 9 3 は、第 2 の蠅の目レンズ 1 8 3 の各微小レンズによ
25 ってレンズ 1 9 3 の入射面に重ね合わされた光束を平行光束にして画像表示素子 1 9 2 に入射させるようになっている。

画像表示素子 192 は、画素ごとに入射光の反射角を変化させ、
投射レンズ 107 に入射する光量を変化させることにより表示を行
うようになっている。

上記のように構成されることにより、第 1 の蠅の目レンズ 182
5 から出力された光束が、ホログラム素子 105 によって、正確に第
2 の蠅の目レンズ 183 の各微小レンズ（有効領域）に入射する光
束に変換される。すなわち、ホログラム素子 105 が設けられてい
ない場合には、ランプ 102 の発光領域がある程度の大きさを有し
ていることに起因して、第 2 の蠅の目レンズ 183 の各微小レンズ
10 に入射しない光束が生じがちであるのに対し、ホログラム素子 10
5 が設けられていることにより、正確な平行光束（平面波）が第 1
の蠅の目レンズ 182 を介した場合とほぼ等価な波面を有する光束
に変換され、確実に第 2 の蠅の目レンズ 183 の各微小レンズに入
射する。すなわち、ランプ 102 から発せられるほとんど全ての光
15 束を第 2 の蠅の目レンズ 183 の有効領域に入射させることがで
き、光量ロスを低減して光利用効率を向上させることができる。具
体的には、例えば画像表示素子としてマイクロカラーフィルタを有
しないモノクローム画像の表示用のものを用いる場合、従来の構成
では投射効率が 4 ルーメン／ワットであったのに対し、上記のよう
20 にホログラム素子 105 を用いる場合には 8 ルーメン／ワットの投
射効率を得ることができる。

（実施の形態 A 1 - 8）

前記実施の形態 A 1 - 7 の構成に、さらに偏光変換素子 202 が
設けられた画像表示装置の例を説明する。

25 この画像表示装置には、図 18 に示すように、インテグレート 1
84 を構成する第 2 の蠅の目レンズと液晶表示素子 106 との間

に、偏光変換素子 202 と集光レンズ 203 とが設けられている。
なお、画像表示素子 106 としては例えば透過型液晶パネルが用いられ、ランプ 102 として 100 W の超高压水銀ランプ、リフレクタ 103 として放物面鏡が用いられている。

- 5 上記偏光変換素子 202 は、例えば図 19 に示すように、1 対の三角柱状プリズムが接合された複数の角柱体 204 がさらに平板状に接合されるとともに、1 つおきの角柱体 204 ごとに偏波面回転手段 205 が設けられて構成されている。上記三角柱状プリズムの接合面には偏光分離膜 206 が形成されている。この偏光分離膜 206 は、例えば誘電体の多層膜により構成され、入射した無偏光光の例えば P 偏光光（偏光方向が同図の紙面に平行な偏光）を透過させ、S 偏光光（偏光方向が同図の紙面に垂直な偏光）を反射させるようになっている。また、偏波面回転手段 205 は、入射した光束の偏波面をほぼ 90° 回転させる機能を有し、一般的には位相差が入射波長のほぼ半分の光学的異方性を有する光学材料で構成される。
- 10
15

- 上記偏光変換素子 202 は、偏波面回転手段 205 が設けられていない角柱体 204 がそれぞれインテグレータ 184 の第 2 の蠅の目レンズ 183 を構成する各レンズに対応するように配置され、第 1 の蠅の目レンズ 49 により各第 2 の蠅の目レンズに集光された光束が上記第 2 の蠅の目レンズに対応した角柱体 204 に入射するようになっている。上記角柱体 204 に入射した光束は、P 偏光光だけが偏光分離膜 206 を透過して出射される一方、S 偏光光は偏光分離膜 206 によって反射され、隣接する角柱体 204 の偏光分離膜 206 で反射後、偏波面回転手段 205 により P 偏光光に変換されて出力されるようになっている。すなわち、偏光変換素子 202
- 20
25

からは、ランプ 102 からの無偏光光が P 偏光光に揃えられた光束が出射される。

ここで、第 1 の蠅の目レンズ 182 は、入射した光束を第 2 の蠅の目レンズ 183 を介して上記偏波面回転手段 205 が設けられて
5 いない角柱体 204 に集光させる必要があるが、ホログラム素子 105 が設けられていることにより、ランプ 102 の発光領域が大きいなどの場合でも、第 1 の蠅の目レンズ 182 により確実に上記のように集光させることができるため、偏光変換素子 202 による投射効率向上効果を一層大きくして明るい画像を表示させることがで
10 きる。

すなわち、従来の画像表示装置では、例えばランプ 102 として出力が 100 ワットで発光領域が 1.45 ミリの球状とかなり小さいものを用いても、偏光変換素子 202 を設けない場合に比べて
1.5 倍程度に明るくなる程度に過ぎず、発光領域が数ミリと大きい
15 ような高出力ランプを用いる場合には偏光変換素子 202 の有無による投射効率の増大程度はさらに小さくなり、せいぜい 1.2 倍程度明るくなる程度であった。これに対して、上記のようにホログラム素子 105 が設けられていることにより、前記のようにホログラム素子 105 を通過した光束の波面がほぼ平面波となるため、大
20 部分の光束を第 2 の蠅の目レンズ 183 を介して所定の角柱体 204 だけに入射させることができるので、偏光変換素子 202 が設けられていない場合に比べて、例えば 1.8 倍明るくすることが可能となった。しかも、発光領域が大きい例えば 400 ワットのメタルハライドランプや 2 キロワットのキセノンランプなどを用いても、
25 ホログラム素子 105 から出力される光束の波面は点光源を用いた場合の光束の波面とほぼ等しいため、偏光変換素子 202 を設ける

ことによる投射効率の大幅な向上効果を得ることができる。具体的には、上記キセノンランプを用いた場合でも投射効率を5ルーメン/ワットと高くすることが可能となり、1万ルーメンの高光出力の画像表示装置を構成することができた。

- 5 同様の効果は、種々の偏光変換素子を用いたり、他の位置に偏光変換素子を配置したりした場合でも得ることができる。例えば偏光変換素子202を第1の蠅の目レンズ102のランプ102側に配置する特開平8-234205号公報や、特開平6-202094号公報の図4(B)等を開示された偏光変換素子を用いる場合にも
- 10 同様の効果を得ることができる。

(実施の形態A2-1)

インテグレータから出力される光束を平行光束に変換する反射型のホログラム素子が設けられた画像表示装置の例を説明する。

- 画像表示装置211には、図20に示すように、実施の形態A1-1等と同様にランプ102、およびリフレクタ103から成る照明光学部104と、第1の蠅の目レンズ212、第2の蠅の目レンズ213、および折り返しミラー214から成るインテグレータ215とが設けられている。上記インテグレータ215は、実施の形態A1-7のインテグレータ184と同様の機能を有し、投写画像
- 15 215から出力された光束は、ダイクロイックミラー152、153によって3原色の光束に分離され、後に詳述する反射型のホログラム素子216~218を介して、赤、緑、青の画素に対応する液晶パネル219~221に入射して輝度変調された後、ダイクロイックミラー160、161により色合成され、投射レンズ107によって図示しないスクリーンに拡大投射されるようになっている。
- 20
- 25

上記画像表示素子 219～221 は、各画素に対応して微小なレンズが形成されたマイクロレンズと、各画素ごとに透過する光の光量を制御する液晶パネルとを備え、マイクロレンズに入射した光を液晶パネルの有効領域に集光させるようになっている。

- 5 ホログラム素子 216～218 は、インテグレータ 215 からダイクロミックミラー 152, 153 を介して入射した光束を平行光束に変換し、画像表示素子 219～221 に出力するようになっている。それゆえ、マイクロレンズに入射した光束は確実に液晶パネルの有効領域に集光され、上記入射したほとんど全ての光が利用されるので、実質的な開口率を大幅に増大させて投射効率および投写
- 10 画像の明るさの均一性を向上させることができる。

- 具体的には、例えば対角寸法が 1.3 インチで 1024×768 の画素が形成された開口率が約 56% の液晶パネルと、100W の超高圧水銀ランプとを用いた場合、マイクロレンズもホログラム素子 216～218 も用いない場合の投射効率は 5 ルーメン/ワット
- 15 であり、マイクロレンズだけを用いた場合の投射効率は 6 ルーメン/ワットであったのに対し、上記のようにさらにホログラム素子 216～218 を設けることにより、8 ルーメン/ワットと高い投射効率を得ることができた。これは、実質的な開口率が 56% から約
- 20 90% に向上したことに相当する。また、同じ大きさで画素数の多い液晶パネル、例えば 1280×1024 画素、またはそれ以上の画素（例えば 1920×1080 画素）のものを用いても、投写効率はほとんど変わらなかった。さらに、照明光学系に偏光分離手段と偏波面回転手段とを有する偏光変換素子を設けることによって、
- 25 12 ルーメン/ワットという極めて高い投写効率を実現することが可能となった。

上記のようなホログラム素子 2 1 6 ~ 2 1 8 は、前記実施の形態 A 1 - 1 のホログラム素子 1 0 5 と同様にして作製することができる。すなわち、参照光としての、実際の画像表示装置 2 1 1 においてホログラム素子 2 1 6 ~ 2 1 8 に入射する光束と等価な波面を有する光束と、物体光としての、画像表示素子 2 1 9 ~ 2 2 1 に入射させようとする平行光束と等価な波面を有する光束との 2 光束干渉縞を、フォトポリマー等のホログラム材料に記録することにより作製される。

具体的には、例えば緑色用のホログラム素子 2 1 7 を作製する場合、図 2 1 に示すように、インテグレータ 2 1 5、ダイクロイックミラー 1 5 2、1 5 3、およびホログラム材料 2 1 7' を実際の画像表示装置 2 1 1 と同様の光路が形成されるように配置し、レーザ 2 3 1 から出力されるレーザ光をビームビームイクスパンダ 2 3 2 によってビーム幅を広げた後、ビームスプリッタ 2 3 3 によって 2 つの光束 V、W に分離し、光束 V を折り返しミラー 2 3 4 を介してインテグレータ 2 1 5 に入射させる一方、光束 W を直接ホログラム材料 2 1 7' に入射させる。ここで、レーザ光の波長は、実際の画像表示装置 2 1 1 でホログラム素子に入射する各 3 原色の波長帯域に含まれるもの（この場合は緑色）であることが望ましく、この場合には、ホログラム素子の回折効率に対する波長分散の影響を最小限に抑え、ホログラム素子の回折効率を高くすることができる。これにより、実際にホログラム素子 2 1 7 が配置される位置で入射される光束の波面と等価な波面を有する光束と平面波との 2 光束干渉縞が形成され、画像表示装置 2 1 1 のダイクロイックミラー 1 5 3 による色分離後の光束が入射したときに、平行光束に変換して画像表示素子 2 2 0 に出力するホログラム素子 2 1 7 が得られる。

なお、実際の画像表示装置に集光レンズやリレーレンズ、偏向変換素子などが設けられる場合には、これらの要素も光束Vの光路中に配置すればよい。

また、上記のほか、前記実施の形態A1-1で説明したような
5 種々の構成によってホログラム素子216~218を作製することができる。

以上述べたように、本発明の画像表示装置は、色分離後の照明光束を本発明に係るホログラム素子216~218を介して画像表示素子に入力せしめることによって、投写効率を改善することに特徴
10 を有するもので、

画像表示素子の光変調材料の種類、光変調方式、及び駆動素子を形成する材料、駆動方式のいずれを問わず図1に示した構成の画像表示装置と同様の効果を得ることができる。

また、光学系の構成も上記構成に限定されるものではなく、本発
15 明の趣旨に則り様々な変形が可能である。

(実施の形態A2-2)

輝度変調された各色の光束の合成にダイクロイックプリズムが用いられる例を説明する。

この画像表示装置231は、図22に示すように、実施の形態A
20 2-1の画像表示装置211に比べて、ダイクロイックミラー160, 161に代えてダイクロイックプリズム235が設けられている点、および折り返しミラー232~234により光路が異なるように構成されている点異なる。

すなわち、ランプ102からインテグレータ215を介してダイ
25 クロイックミラー152に白色の光束が入射すると、入射光束のうち、赤色成分の光束は反射され、緑色、青色の光束は透過する。赤

色光束は折り返しミラー 2 3 3, 2 3 4 を介して、反射型のホログラム素子 2 1 6 へ入射し、略平行光束に変換された後、表示画像の赤色成分を表示する画像表示素子（液晶パネル）2 1 9 に入射して輝度変調される。また、前記ダイクロイックミラー 1 5 2 を透過した緑色光束および青色光束は、折り返しミラー 2 3 2 を介してダイクロイックミラー 1 5 3 に入射し、緑色光束が反射され、青色光束のみ透過する。上記緑色光束、および青色光束は、それぞれ反射型のホログラム素子 2 1 7, 2 1 8 によって反射される際に、略平行な光束に変換され、表示画像の各色成分を表示する画像表示素子（液晶パネル）2 2 0, 2 2 1 に入射して輝度変調される。輝度変調された各色の光束は、ダイクロイックプリズム 2 3 5 によって色合成され、投射レンズ 1 0 7 によって図示しないスクリーンに拡大投射される。

上記のような画像表示装置 2 3 1 においても、実施の形態 A 2 - 1 と同様に、ランプ 1 0 2 からの出力光束が、インテグレータ 2 1 5 等を介して伝搬される平行ではない光束が、ホログラム素子 2 1 6 ~ 2 1 8 によって略平行な光束に変換された後、画像表示素子 2 1 9 ~ 2 2 1 に入射し、マイクロレンズによって液晶パネルにおける各画素の開口部にのみ光を入射させることが可能となるため、実効的な開口率を極めて高くすることが可能となる。

具体的には、例えば対角寸法が 0.9 インチで 1024×768 の画素が形成された開口率が約 40% の液晶パネルと、100 W の超高圧水銀ランプとを用いた場合、マイクロレンズもホログラム素子 2 1 6 ~ 2 1 8 も用いない場合の投射効率は 3.6 ルーメン/ワットであり、マイクロレンズだけを用いた場合の投射効率は 4.3 ルーメン/ワットであったのに対し、上記のようにさらにホログラ

ム素子 2 1 6 ~ 2 1 8 を設けることにより、8 ルーメン / ワットと高い投射効率を得ることができた。これは、実質的な開口率が 4 0 % から約 9 0 % に向上したことに相当する。また、同じ大きさで画素数の多い液晶パネル、例えば 1 2 8 0 × 1 0 2 4 画素、または
5 それ以上の画素（例えば 1 9 2 0 × 1 0 8 0 画素）のものを用いても、投写効率はほとんど変わらなかった。さらに、照明光学系に偏光分離手段と偏波面回転手段とを有する偏光変換素子設けることによって、1 2 ルーメン / ワットという極めて高い投写効率を実現することが可能となった。

10 (実施の形態 A 2 - 3)

反射型のホログラム素子によって反射されずに透過した光束も有効に利用し得る画像表示装置の例を説明する。

画像表示装置 2 4 1 は、図 2 3 に示すように、実施の形態 A 2 - 2 の画像表示装置 2 3 1 に比べて、主として、ホログラム素子 2 1 6 ~ 2 1 8 の裏面側に全反射ミラー 2 4 2 , 2 4 3 またはダイクロ
15 イックミラー 2 4 5 が設けられている点異なる。

すなわち、ランプ 1 0 2 からインテグレータ 2 1 5 を介してダイクロイックミラー 2 4 4 に白色の光束が入射すると、入射光束のうち、青色成分の光束は透過し、他の波長帯域の光束（赤色成分およ
20 び緑色成分すなわち黄色の光束）は反射される。

青色光束は主に青色用ホログラム素子 2 1 8 により反射されるとともに平行光束に変換された後、青色用の画像表示素子（液晶パネル）2 2 1 に入射して輝度変調される。また、ホログラム素子 2 1 8 によって反射されずに透過した青色光束は、全反射ミラー 2 4 3
25 によって反射され、再度青色用のホログラム素子 2 1 8 を透過して、やはり画像表示素子 2 2 1 に入射する。すなわちホログラム素

子 2 1 8 を透過した光束も有効に利用される。

また、ダイクロイックミラー 2 4 4 で反射された黄色光束のうち
の緑色光束は、緑色用のホログラム素子 2 1 7 により反射されると
ともに平行光束に変換された後、緑色用の画像表示素子 2 2 0 に入
5 射して輝度変調される。また、ホログラム素子 2 1 7 によって反射
されずに透過した緑色光束は、ダイクロイックミラー 2 4 5 によっ
て反射され、再度緑色用のホログラム素子 2 1 7 を透過して、やは
り画像表示素子 2 2 0 に入射する。

さらに、ダイクロイックミラー 2 4 5 を透過した赤色光束は、光
10 路長補償用のリレーレンズ 2 4 6 , 2 4 8 および全反射ミラー 2 4
7 を介して赤色用のホログラム素子 2 1 6 に入射し、主に反射され
るとともに平行光束に変換された後、赤色用の画像表示素子 2 1 9
に入射して輝度変調される。また、ホログラム素子 2 1 6 によって
反射されずに透過した赤色光束は、全反射ミラー 2 4 2 によって反
15 射され、再度赤色用のホログラム素子 2 1 6 を透過して、やはり画
像表示素子 2 1 9 に入射する。

上記輝度変調された各色の光束は、ダイクロイックプリズム 2 3
5 によって色合成され、投射レンズ 1 0 7 によって図示しないスク
リーンに拡大投射される。

20 上記のように、ホログラム素子 2 1 6 ~ 2 1 8 の裏面側に全反射
ミラー 2 4 2 , 2 4 3 またはダイクロイックミラー 2 4 5 が設けら
れることにより、各ホログラム素子 2 1 6 ~ 2 1 8 によって平行光
束として反射されずに各ホログラム素子 2 1 6 ~ 2 1 8 を透過した
光束も、大部分の光束を画像表示素子 2 1 9 ~ 2 2 1 に入射させる
25 ことができる。このような光束は、平行光束には変換されないが、
画像の投射に利用されるので、単にホログラム素子 2 1 6 ~ 2 1 8

だけを用いる場合に比べて一層高い投射効率を得ることができる。

具体的には、例えば対角寸法が 0.9 インチで 1024×768 の画素が形成された開口率が約 40% の液晶パネルと、100 W の超高圧水銀ランプとを用いた場合、マイクロレンズもホログラム素子 216 ~ 218 も用いない場合の投射効率は 3.6 ルーメン/ワットであり、マイクロレンズだけを用いた場合の投射効率は 4.3 ルーメン/ワットであったのに対し、上記のようにさらにホログラム素子 216 ~ 218 を設けることにより、10 ルーメン/ワットと高い投射効率を得ることができた。これは、実質的な開口率が 40% から約 90% に向上したことに相当する。また、同じ大きさで画素数の多い液晶パネル、例えば 1280×1024 画素、またはそれ以上の画素（例えば 1920×1080 画素）のものを用いても、投写効率はほとんど変わらなかった。さらに、照明光学系に偏光分離手段と偏波面回転手段とを有する偏光変換素子を設けることによって、12 ルーメン/ワットという極めて高い投写効率を実現することが可能となった。

なお、ホログラム素子 217 の裏面側に設けるミラーとしては、赤色光束を透過させる必要があるので、上記のように緑色反射、かつ赤色透過型のダイクロイックミラーを用いる必要があるのに対し、ホログラム素子 216, 218 の裏面側に設けるミラーとしては、上記のように全反射ミラー（通常はアルミニウム薄膜をガラス基板上に成膜し、場合によっては増反射コートを施したもの）を用いてもよいし、赤色光束または青色光束を反射するダイクロイックミラーを用いてもよい。

また、上記のようにホログラム素子の裏面側に反射ミラーを設ける構成は、前記実施の形態 A2-1 や実施の形態 A2-2、また、

以下の画像表示装置などに適用してもよく、やはり、投射効率をさらに高くすることができる。

(実施の形態 A 2 - 4)

5 画像表示素子として、反射型で偏光変調型の液晶表示パネルを用いるとともに、白色光束の色分離にもダイクロイックプリズムを用いた画像表示装置の例を説明する。

本実施の形態 A の画像表示装置 2 5 9 では、図 2 4 に示すように、実施の形態 A 2 - 1 ~ 2 - 3 で説明した画像表示装置と同様に、ランプ 1 0 2 からの出力光束をリフレクタ 1 0 3 で反射し、反
10 射後の出力光束を第 1 の蠅の目レンズ 2 1 2 および第 2 の蠅の目レンズ 2 1 3 を介して画像表示素子 2 6 0 ~ 2 6 2 へ伝搬させるようになっている。

第 2 の蠅の目レンズ 2 1 3 と画像表示素子 2 6 0 ~ 2 6 2 の間には、色分離のためのダイクロイックプリズム 2 6 3、ホログラム素
15 子 2 6 4 ~ 2 6 6 および P B S (偏光ビームスプリッタ) 2 6 7 ~ 2 6 9 が設けられている。すなわち、ランプ 1 0 2 からの白色の出力光束は、ダイクロイックプリズム 2 6 3 によって、赤、緑、青の 3 原色の光束に色分離され、色分離された各光束は、対応するホログラム素子 2 6 4 ~ 2 6 6 によって所望の光束に変換され、P B S
20 2 6 7 ~ 2 6 9 によって所定の偏波面を有する直線偏光光が反射型の画像表示素子 2 6 0 ~ 2 6 2 へ入射して、偏光方向が変調されるようになっている。

画像表示素子 2 6 0 ~ 2 6 2 で偏光方向が変調された各原色の光束は、再度 P B S 2 6 7 ~ 2 6 9 を介して可視化され、投写レンズ
25 1 0 7 によりスクリーン (不図示) 上に拡大投写される。

上記ホログラム素子 2 6 4 ~ 2 6 6 は、実施の形態 A 2 - 1 と同

- 様に、基本的に参照光束と物体光束との2光束干渉縞を例えばフォトポリマー等の一般的なホログラム材料に記録して作製することができる。ここで、ホログラム素子264～266は、入射光束が変換されて出力される光束が実施の形態A2-1～2-3と同様に略
- 5 平行光束になるようにしてもよいし、またはPBSの偏光分離特性が大幅に低下しない程度の入射角の小さな収束光束になるようにしてもよい。これによって、以下に示す理由により、装置の小型化を図りつつ、高投写効率と高コントラストの両立を実現することができる。
- 10 一般に、ランプ、リフレクタ、集光レンズ、リレーレンズ、インテグレータ、偏光変換素子等によって構成される照明光学系のF値と、投写レンズのF値とは概ね一致するように設定されるが、このF値が小さいほど投写効率が高くなる一方、液晶パネルおよびPBS
- 15 は、一般にガラス基板に誘電体多層膜を形成して、入射光がP偏光光とS偏光光とに分離されるように構成されるが、その偏光分離特性は入射光の入射角に依存し、設計時の基準入射角からずれるに従って偏光分離特性が低下する。それゆえ、上記のように反射型の液晶パネルを用いた画像表示装置では、上記F値が小さいとコントラ
- 20 ストの低下を招きがちになる。そこで、コントラストを改善するために、照明光学系のリレーレンズによって上記入射角が小さくなるようにする場合には、いわゆる幾何光学における輝度不変の原理によって、照明面積が大きくなるため、画面サイズの大きな液晶パネル等を用いる必要があり、装置の大型化を招くことになる。これに
- 25 対して、本実施の形態Aのようにホログラム素子を用いることによって、PBSの偏光分離特性が大幅に低下しないように入射角が小

さくなるようにしても、照明面積が小さくなるようにすることができ
きる。それゆえ、画面サイズの小さな液晶パネルを用いて装置の小
型化を図りつつ、投写効率が高く、かつコントラストの低下しない
画像表示装置を構成することができる。

- 5 具体的には、例えば対角寸法が0.9インチで1024×768
の画素が形成された開口率が約75%の液晶パネルと、100Wの
超高压水銀ランプとを用いた場合、ホログラム素子264～266
を用いない画像表示装置では、コントラストを確保するために投射
10 レンズ107および照明光学系のF値を4とすると、投射効率は約
3にすると、4ルーメン/ワットと明るくできるが、コントラスト
は100:1に低下した。これに対し、上記のようにホログラム素
子216～218を設けることにより、F値を5と大きくしても約
4.3ルーメン/ワットの投写効率を実現でき、かつF値が大きい
15 (PBSに対する入射角が小さい)ためコントラストを800:1
に向上させることができた。

- 20 なお、上記画像表示素子260～262としては、液晶パネルに
限らず、入射した直線偏光光をその偏光方向を変調後反射して出力
する偏光変調型で反射型の画像表示素子であればよく、光変調材料
や、光変調の方式、画素の駆動方式などに制約はない。

また、本実施の形態Aで構成した画像表示装置は、PBSを3個
使用する3PBS方式であるが、PBSを1個使用する1PBS方
式も構成できる。

- 25 また、投写画像のコントラストを向上させるためにPBSと本発
明のホログラム素子との間に前置偏光子(PPBS)を設置しても
よい。

(実施の形態 A 2 - 5)

光軸に対して互いに異なる角度で配置されたダイクロイックミラーと、マイクロレンズアレイ等が形成された画像表示素子とを有する単板方式の画像表示装置の例を説明する。

- 5 この画像表示装置 280 には、図 25 に示すように、2 枚のダイクロイックミラー 281, 282 と、1 枚の全反射ミラー 283 と、各ダイクロイックミラー 281, 282 または全反射ミラー 283 の表面側に設けられたホログラム素子 284 ~ 286 とを有する色分離手段 287、および入射した光束の光路を入射角に応じて
10 異ならせる光路変換手と液晶パネルとを有する画像表示素子 288 が設けられている。この画像表示装置 280 の基本的な構成および動作は、「日経エレクトロニクス」1995 年 1 月 30 日号 169 頁 173 頁や、特開平 8 - 292506 号公報、または特開平 9 - 105899 号公報の図 14 等に記載されているものと同様で、上
15 記ホログラム素子 285 ~ 287 を備えている点が異なる。

- すなわち、ダイクロイックミラー 281, 282 および全反射ミラー 283 は、それぞれ光軸に対して互いに異なる角度で配置されて、ランプ 102 からの白色の出力光束が赤、緑、青の 3 原色の光束に色分離され、色分離された各光束は、互いに異なる入射角で画像表示素子 288 の光路変換手段に入射するようになっている。ただし、この画像表示装置 280 では、ホログラム素子 284 ~ 286 を透過した光束だけが上記のようにダイクロイックミラー 281 等によって反射されるようになっているが、この点に関しては後述する。また、光路変換手段としては、例えばマイクロレンズアレイ
20 や、ホログラムレンズアレイ、シリンドリカルレンズ等が用いられ、入射した光束をその入射角に応じて、それぞれ液晶パネルにお

ける互いに異なる色に対応した画素に入射させるようになってい
る。

上記のような構成により、ランプ 102 からリフレクタ 104 お
よびインテグレータ 215 を介して色分離手段 287 に白色の光束
5 が入射すると、入射光束のうち、青色成分の光束は、青色用のホロ
グラム素子 284 により反射されるとともに平行光束に変換された
後、画像表示素子 288 に入射する。ホログラム素子 284 によっ
て反射されずに透過した青色光束は、青色光束反射用のダイクロイ
ックミラー 281 によって反射され、再度青色用のホログラム素
10 子 284 を透過して、やはり画像表示素子 288 に入射する。

同様に、緑色成分の光束は、青色用のホログラム素子 284 およ
び青色光束反射用のダイクロイックミラー 281 を透過した後、緑
色用のホログラム素子 285 により反射されるとともに平行光束に
変換されて画像表示素子 288 に入射し、ホログラム素子 285 を
15 透過した緑色光束は、緑色光束反射用のダイクロイックミラー 28
2 によって反射され、やはり画像表示素子 288 に入射する。

また、赤色成分の光束も、青色用および緑色用のホログラム素子
284, 285 と、青色光束反射用および緑色光束反射用のダイク
ロイックミラー 281, 282 を透過した後、赤色用のホログラム
20 素子 286 により反射されるとともに平行光束に変換されて画像表
示素子 288 に入射し、ホログラム素子 286 を透過した赤色光束
は、全反射ミラー 283 によって反射され、やはり画像表示素子 2
88 に入射する。

画像表示素子 288 の光路変換手段に入射した各色の光束は、そ
25 れぞれの入射角に応じて、液晶パネルにおける互いに異なる色に対
応した画素に入射して輝度変調され、投射レンズ 107 によって図

示しないスクリーンに拡大投射される。ここで、ホログラム素子 284 ~ 286 によって反射された各色の光束は、上記のように平行光束に変換されているため、それぞれ液晶パネルにおける各色に対応した画素の有効領域に確実に集光される。それゆえ、実効的な開口率を極めて高くすることができるとともに、各原色の光束の一部が、他の原色に対応する画素に入射することによる、いわゆるクロストークを最小限に抑制することが可能となる。したがって、光学系の構成が簡略で、低コストであるという単板式の特徴を活かしつつ、混色のない鮮明な画像を表示させることができ、しかも、
10 投射効率および投写画像の明るさの均一性を向上させることができる。

具体的には、例えば対角寸法が 1.3 インチで $640 \times 480 \times 3$ の画素が形成された開口率が約 40% の液晶パネル 288 と、100 W の超高圧水銀ランプとを用いた場合、ホログラム素子 284 ~ 286 を用いない場合の投射効率は高々 1.5 ルーメン/ワットであったのに対し、上記のようにホログラム素子 284 ~ 286 を設けることにより、単板式でありながら、4 ルーメン/ワットと高い投射効率を得ることができた。また、さらに、照明光学系に偏光分離手段と偏波面回転手段とを有する偏光変換素子を設けることにより、
20 よって、8 ルーメン/ワットという極めて高い投写効率を実現することが可能となった。

(実施の形態 A 3 - 1)

第 1 の蠅の目レンズと第 2 の蠅の目レンズを有するインテグレートに代えて、回折光学素子が設けられた画像表示装置の例を説明する。
25

この画像表示装置は、図 26 に示すように、ランプ 102、リフ

レクタ 103、回折光学素子 301、非球面の補助レンズ 302、
画像表示素子 303、および投射レンズ 107 が設けられて構成さ
れている。すなわち、上記ランプ 102 から発せられた光束は、リ
フレクタ 103 で反射されて回折光学素子 301 に入射し、後述す
5 る回折光学素子 301 の回折領域 301a ごとに回折した光束が補
助レンズ 302 を介して画像表示素子 303 の画像表示領域上に重
畳されて輝度変調され、投射レンズ 107 によって図示しないスク
リーンに拡大投射されるようになっている。

ランプ 102 としては、例えば定格出力が 120 ワットの超高压
10 水銀ランプが用いられる。なお、上記のランプに限らず、実施の形
態 A1-1 で説明したような種々のものを用いることもできる。こ
こで、ランプ 102 の発光領域は小さい方がより好ましいが、発光
領域が比較的大きい場合でも、本発明の相対的な効果は得られるの
で、例えば高出力キセノンランプや、高出力メタルハライドランプ
15 のように発光体が数ミリ程度と大きいランプを用いてもよい。

リフレクタ 103 としては、例えば放物面鏡が用いられるが、楕
円面鏡や球面鏡などを用いてもよい。ランプ 102 が設けられる位
置は、放物面鏡の場合には、その焦点近傍にランプ 102 の発光領
域が位置するように設定することが好ましく、楕円面鏡の場合には
20 第 1 焦点近傍に、球面鏡の場合には球の中心近傍に位置するよう
に設定することが好ましい。

補助レンズ 302 は、画像表示素子 303 への入射光束のテレセ
ントリック性を確保し、投写レンズの設計上の負担を小さくするた
め、すなわち F 値等の制約を緩和するために設けられるもので、投
25 写レンズの F 値に設計上の余裕があれば必ずしも設けなくてもよ
い。

回折光学素子 301 は、図 27 に示すように、光軸方向から見たときの外形が、リフレクタ 103 から入射する光束の断面形状に対応した円形で、その内部領域は、画像表示素子 303 の画像表示領域と相似な矩形形状の複数の回折領域 301a... に分けられている。この回折領域 301a は、それぞれ、前記のように入射した光束を回折させて、画像表示素子 303 の画像表示領域のほぼ全面にわたって入射させるようになっている。すなわち、各回折領域 301a から出力された光束が画像表示素子 303 上で重畳されることにより、表示画像における中央部と周辺部となどでの光量むらの低減が図られる。

なお、各回折領域 301a の形状は、必ずしも画像表示素子 303 と相似な矩形形状でなくてもよく、また互いに同一の大きさや形状でなくてもよい。また、回折領域 301a の大きさや数は、図 26 および図 27 においては便宜上模式的に描かれているが、特に限定されるものではない。すなわち、各回折領域 301a から出力された光束が、画像表示素子 303 の画像表示領域上で概ね重畳されるようになっていれば、光量むら低減の効果が得られる。ただし、一般に、回折領域 301a の数を多くする方が、投射画像の明るさの均一性をより向上させることができ、また、矩形変換効率（矩形開口率）を高くして投射効率を高くし、より明るい画像を表示させることができる。また、微小領域 301a の形状が画像表示素子 301 の形状と相似形である方が、各回折領域 301a からの出力光束を画像表示素子 303 上に重畳させるように作製することが比較的容易になる。また、矩形の回折領域 301a の周辺部の領域 301b にもそれぞれ回折作用を生じさせるようにして、画像表示素子 303 上の一部の領域に光束を重畳させるようにしてもよい。この

場合には、実質的な矩形変換効率を100%にすることができ、より明るい画像を表示させることが可能となる。

また、各回折領域301aごとに、画像表示素子303における回折光学素子からの出力光束が入射する領域を若干ずらすようにして、投写画像の明るさの均一性を一層向上させるようにしてもよい。

回折光学素子301の具体的な回折構造としては、例えば断面形状が鋸刃状に形成された表面レリーフ型の回折格子を適用することができる。また、鋸歯形状に限らず、鋸歯形状を階段状で近似したマルチレベルの回折格子などとしてもよい。上記鋸刃形状等は、光学上の計算などにより決定することができる。

上記のような回折光学素子301は、例えば電子ビーム描画法を用いた一般的な半導体プロセス等により作製可能であり、また大量生産が容易なことから、従来の蝇の目レンズを用いたインテグレータと比べてその製造コストを容易に1/10以下程度にすることができる。それゆえ、投写レンズ107とともに光学系要素の大半の製造コストを占めるインテグレータが安価になることにより、画像表示装置全体の製造コストを例えば従来の6割程度にまで抑えることが容易にできる。

また、回折光学素子301は、以下の実施の形態Aで説明するような2光束干渉縞によるホログラム素子を形成することによって作製してもよい。

画像表示素子109としては、例えば透過型液晶パネルなど、透過型の種々のものを用いることができる。ここで、例えば特開平1-281426号公報や、特開平3-140920号公報、特開平4-251221号公報等に多数開示されているように、各画素に

対応したマイクロレンズを備え、画像表示素子への入射光束を画素の開口部（有効領域）近傍に収束させることによって実効的な開口率の増加を図ったものを用いてもよい。例えば装置の小型化を図るなどのためにリフレクタ 1,0 3 の開口形状を小さく設定した場合でも高い投射効率（光利用効率）得ることができる。すなわち、従来の蠅の目レンズを用いたインテグレータでは、第 1 の蠅の目レンズの各単体レンズと、第 2 の蠅の目レンズの各単体レンズとが対応するように設けられる。ところが、リフレクタの開口形状が小さいと、リフレクタから出力される光束の平行光からのズレが大きくなりがちであり光束の平行度が低下しがちでありこの場合、蠅の目レンズの各単体レンズ間でクロストークが生じやすくなる。それゆえ、第 1 レンズアレイの像が画像表示素子よりもかなり大きくなり、画像表示素子を有効に照明できなかった。

これに対して、上記のように回折光学素子 3 0 1 を用いた場合には、回折光学素子 3 0 1 の各回折領域 3 0 1 a による回折光束が直接液晶表示素子に入射するため、2 つの蠅の目レンズを用いる場合のようなクロストークが生じることはなく、したがって、リフレクタから出力される光束の平行光からのズレが大きくなっても光束の平行度が多少低下しても画像表示素子 3 0 3 における照明領域が若干干渉するずれたり広がったりする程度にすぎず、マイクロレンズによる実質的な開口率の増大効果は適切に得られるので、高い投射効率を得られる。また、リフレクタから出力される光束の平行度が低い光源、すなわち、発光領域が比較的大きいランプを用いる場合には、理想的な平行光束が出力されたとした場合に画像表示素子が照明される領域を画像表示領域よりも小さく設定し、出力光束が平行光束でないことによるずれ等によって画像表示素子の全体が照明さ

れるようにしてもよい。

上記のように、蠅の目レンズを有するインテグレータに代えて回折光学素子を用いることにより、表示画像における中央部と周辺部となどでの光量むらを確実に低減できるとともに、投射効率を向上
5 させることができる。投射効率に関しては、例えば従来の画像表示装置では投写効率が高々5ルーメン/ワット程度であるのに対し、上記画像表示装置では7.5ルーメン/ワットと高い効率を得ることができた。

また、表示画像の明るさの低下を招くことなくリフレクタの開口
10 形状を小さくすることができるので、画像表示装置の小型化を容易に図ることもできる。具体的には、例えば従来の通常のリフレクタの開口径が100mm程度であるのに対して50mm程度にすることができ、光軸方向の寸法も従来の約1/2程度にすることができる。さらに、投写レンズのF値を小さくし、回折光学素子と画像表示素子との距離を短くして、より一層小型化を図ることも容易にで
15 きる。

(実施の形態A3-2)

実施の形態A3-1と同様の回折光学素子を用いた画像表示装置であって、光源光を赤、緑、青の3原色の光に色分解し、それぞれ
20 の色の光に対応した3枚の透過型の画像表示素子を用いてフルカラー画像を表示する、いわゆる3板方式の画像表示装置の例を説明する。

本実施の形態Aにおける画像表示装置は、図28に示すように、ランプ102の出力光束を、リフレクタ103で反射後、回折光学素子301を介して画像表示素子314~316の照明光束とする
25 ようになっている。回折光学素子301は実施の形態A3-1と同

様のものである。すなわち、複数の回折領域が形成され、各回折領域の出力光束が、それぞれダイクロイックミラー 317, 318 により 3 原色に分離された後、各色の画像を表示する画像表示素子 314 ~ 316 上で重畳されるようになっている。

- 5 より詳しくは、回折光学素子 301 から出力された白色光束の中で、ダイクロイックミラー 317 により青色成分の光束のみが透過し、他の波長成分は反射される。青色成分の光束は反射ミラー 319 を介して青色画像表示用の画像表示素子 314 へ入射する。ダイクロイックミラー 317 の反射光の中で、緑色成分はダイクロイックミラー 318 により反射されて緑色用の画像表示素子 315 へ入射する。赤色成分は、リレーレンズ 320, 321、及び反射ミラー 322, 323 を介して赤色表示用の画像表示素子 316 に入射する。各画像表示素子 314 ~ 316 に入射した各色の光束は、輝度変調された後、色合成のためのダイクロイックプリズム 324 により合成され、投写レンズ 107 によりスクリーン（不図示）上に
10 拡大投影される。

- なお、図 29 に示すように、ダイクロイックプリズムを用いず、ダイクロイックミラー 339, 340 によって色合成するようにしてもよい。すなわち、ランプ 102 の出力光束をリフレクタ 103
20 で集光後、実施の形態 A3-1 と同様の回折光学素子 301 で各回折領域ごとに回折させて分離し、各回折領域の出力光束をダイクロイックミラー 333, 334 および反射ミラー 335 を介して画像表示素子 314 ~ 316 上で重畳して輝度変調し、画像表示素子 314 ~ 316 の出力光束をダイクロイックミラー 339, 340 および反射ミラー 341 からなる色合成系により合成して、投写レンズ 107 によりスクリーン（不図示）上に拡大投写することにより
25

同様にフルカラー画像が表示される。

本実施の形態 A における画像表示装置でも、実施の形態 A 3-1
と同様に、従来の高価な 1 対の蠅の目レンズに代えて、安価な回折
光学素子を用いてインテグレータを構成することにより、製造コス
5 トの増大を大幅に抑制できるとともに、投射効率を向上させ、さら
に、リフレクタの外径寸法を小さくすることができ、画像表示装置
の薄型化、軽量化を図ることができる。

なお、回折光学素子 301 は、上記のようにランプ 102 とダイ
クロイックミラー 317 等との間に設けてもよいが、ダイクロイッ
10 クミラー 317 等と画像表示素子 314 等との間に設けるようにし
てもよい。

また、リフレクタとして、以下の実施の形態 A 3-3 のような楕
円面鏡を用いたり、球面鏡を用いたり、また、回折光学素子とし
て、実施の形態 A 3-4 のようなホログラム素子を用いたりしても
15 よい。

(実施の形態 A 3-3)

リフレクタに楕円面鏡を用いた画像表示装置の例を説明する。

この画像表示装置は、図 30 に示すように、実施の形態 A 3-1
の画像表示装置(図 26)と比べて、放物面鏡であるリフレクタ 1
20 03 に代えて楕円面鏡であるリフレクタ 353 が設けられている点
と、回折光学素子 301 および投射レンズ 107 に代えて、リフレ
クタ 353 からの反射光束が収束光束であることに対応した回折光
学素子 351 および投射レンズ 357 が設けられている点が異な
り、その他の構成および作用は同様である。すなわち、楕円面鏡で
25 あるリフレクタ 353 の第 1 焦点にランプ 102 の発光領域が配置
される場合、リフレクタ 353 からの反射光束は概ね第 2 焦点に集

光される。回折光学素子 3 5 1 は、上記反射光束の経路上に設置されるため、回折光学素子 3 5 1 の上記反射光束が入射する領域、すなわち回折光束が出射する領域の直径は、リフレクタ 3 5 3 の外径（開口径）よりも小さくなる。それゆえ、回折光学素子 3 5 1 の外
5 径を小さくすることができるとともに、画像表示素子 3 0 3 に入射する回折光束の最大入射角を小さくすることができるので、投射レンズ 3 5 7 として、F 値が大きく製造コストの安価なものを用いることができる。

なお、回折光学素子 3 5 1 に複数の回折領域が形成され、各回折
10 領域の出力光束が画像表示素子上で重畳されるように構成されている点や作製方法も実施の形態 A 3 - 1 と同様である。

また、投射効率を向上させ得る効果、特に画像表示素子としてマイクロレンズを備えたものを用いる場合の実効的な開口率の向上による投射効率を向上させ得る効果などについては、前記実施の形態
15 A 3 - 1 と同様である。

また、ランプ 1 0 2 の発光領域が比較的大きい場合には、リフレクタ 3 5 3 からの反射光束は 1 点に集光せず、第 2 焦点の前後に集光される成分が多くなり、画像表示素子 3 0 3 上で重畳される光源の像にズレ（例えば回折像）を生じる。そこで、反射光束の集光度
20 が悪い場合には、このズレを当初から見込んで、各回折領域における回折光束が画像表示素子 3 0 3 を照明する面積が小さくなるように設定、第 2 焦点へ集光する光束からずれた光束によりそれ以外の部分が照明されるようにしてもよい。

（実施の形態 A 3 - 4）

25 回折光学素子として、2 光束干渉露光や C G H（Computer Generated Hologram）によって作製されるホログラム素子を用いた画像

表示装置の例を説明する。

この画像表示装置は、図 3 1 に示すように、実施の形態 A 3 - 1
の画像表示装置（図 2 6）と比べて、回折光学素子 3 0 1 に代え
て、回折光学素子 3 6 1 が設けられている点と、ランプ 1 0 3 およ
5 びリフレクタ 1 0 2 の光軸（照明光学系の光軸）が、ホログラム素
子 3 6 1 および投射レンズ 1 0 7 等の光軸（投射光学系の光軸）と
所定の角度をなすように構成されている点とが異なり、その他の構
成および作用は同様である。

上記ホログラム素子 3 6 1 は、位相型の体積ホログラムとし、リ
10 フレクタ 1 0 3 からの反射光束が例えば 30° の入射角で入射する
ように設定されている。これは高次回折光をなくして透過型ホログ
ラムの回折効率を高くするためである。また、ホログラム素子 3 6
1 をその法線方向から見たときの外形は、図 3 2 に示すように x 軸
方向に長軸を有する楕円形に形成されている。これは、一般にそう
15 であるように、リフレクタ 1 0 3 からの出力光束は円形であるた
め、照明光学系の光軸と投写光学系の光軸とが平行でない場合に
は、ホログラム素子 3 6 1 に投影される円形像が同図に示すような
楕円形となるからである。

ホログラム素子 3 6 1 の内部領域には、実施の形態 A 3 - 1 のホ
20 ログラム素子 3 0 1 と同様に、複数の矩形の回折領域 3 6 1 a ... が
形成されている。この矩形の各回折領域 3 6 1 a の形状は、画像表
示素子 3 0 3 の画像表示領域を、ホログラム素子 3 6 1 の外形にお
ける長軸：短軸比だけ縦方向に引き伸ばした形状と相似になるよう
に形成されている。図 3 2 においては、画像表示素子 3 0 3 が 1 6
25 （水平方向）：9 （垂直方向）のアスペクト比を有するいわゆるハ
イビジョン（H D T V）画像を表示するようになっている場合の例

を表している。

5 なお、実施の形態 A 3-1 で説明したのと同様に、上記回折領域 361a の形状は、必ずしも画像表示素子 303 に対応した形状でなくてもよく、また互いに同一の大きさや形状でなくてもよい。すなわち、回折領域 361a の大きさや形状、また、数は、特に限定されず、各回折領域 361a から出力された光束が、画像表示素子 363 の画像表示領域上で概ね重畳されるようになっていれば、光量むら低減の効果を得られる。

10 なお、本実施の形態 A のように照明光学系の光軸と投射光学系の光軸とが平行でない場合でも、当然ながら表面レリーフ型の回折光学素子を用いることもできる。

次に、上記ホログラム素子 361 の作製方法について説明する。

15 ホログラム素子 361 は、電子ビーム描画などにより、計算された干渉稿をフォトレジストに記録して作製することなども可能であるが、ここではフォトポリマーなどの干渉稿の露光によって作製する場合について説明する。

20 一般にホログラム素子は可干渉な 2 光束（参照光と物体光）を干渉させ、発生した干渉稿を、フォトポリマーなどの記録材料の露光によって記録することにより作製される。参照光としては、リフレクタからの出力光束と略等しい光束を用いればよい。例えば上記のようにリフレクタ 103 に放物面鏡を用いる場合には、実際の照明光学系における光軸と平行な角度で平行光を入射すればよい。また、物体光としては、各回折領域 361a を形成しようとする領域から画像表示素子 303 の表示領域全面にわたって入射し、画像表示素子 303 上で重畳されるような光路の光束が用いられる。

25 以下、図 33 に基づいて具体的に説明する。図 33 は、ホログラ

ム材料 371 の回折領域が形成されるべき 1 つの領域 371a に干渉縞を記録する場合の干渉露光系の配置図である。

ホログラム素子 361 を作製するためのホログラム材料 371 としては、前記実施の形態 A1-1 で示したような種々のものを用いることができる。

レーザ 372 から出力された平行光束 L は、ハーフミラー 373 により透過光 M と反射光 N とに 2 分されるようになっている。

透過光 M は、ミラー 374、およびマスク 375 における、ホログラム材料 371 の領域 371a に対応して設けられた開口部 375a を介して、所定の入射角でホログラム材料 371 の領域 371a に参照光として入射する。上記所定の入射角とは、実際に構成する画像表示装置におけるリフレクタ 103 の光軸（回転放物面鏡の回転軸）とホログラム素子 361 の法線とがなす角度と等しい角度である。

一方、反射光 N は、集光レンズ 376 によって、マスク 375 の開口部 375a を通過後に補助レンズ 372 を介して画像表示素子 373 の表示領域と概ね同一な領域を照明する光束に変換され、ホログラム材料 371 の領域 371a に物体光として入射する。

上記のようにしてホログラム材料 371 に入射した 2 つの光束によって形成される干渉縞をホログラム材料 371 に記録することにより、1 つの回折領域が形成され、これを各回折領域ごとに順次繰り返すことによって、前記のようなホログラム素子 361 が作製される。

ホログラム素子 361 を作製する別の方法について説明する。

この方法では、参照光については上記の場合と同様であるが、物体光を生成するために、図 34 に示すようにレンズアレイ 381 が

用いられる。このレンズアレイ 381 には、それぞれホログラム材料 371 の回折領域が形成されるべき各領域 371a に対応したレンズ 381a が形成されている。各レンズ 381a は、それぞれ、上記ホログラム材料 371 の各領域 371a に対する前記の方法の
5 集光レンズ 376 と同様な作用をするようになっている。

ここで、ホログラム材料 371 の露光は、前記の方法のようにマスク 375 を用いるなどして各領域 371a ごとにするようにしてもよいが、図 34 に示すようなマスク 382 を用いることにより複数の領域 371a に対して同時に露光を行うことができる。上記マ
10 スク 382 には、それぞれレンズアレイ 381 の各レンズ 381a、およびホログラム材料 371 の各領域 371a に対応した開口部 382a が形成され、ホログラム材料 371 における、各レンズ 381a を介した物体光の入射する領域が、概ね、それぞれ互いに重ならず、かつ隙間があかないように形成されている。

15 なお、以下に説明する実施の形態 A3-5 のようにリフレクタとして放物面鏡ではなく楕円面鏡を用いる画像表示装置の場合には、参照光として、平行な光束ではなく、実際の照明光学系において第 2 焦点に集光する光束と等価な光束を用いればよい。このような光束は、リフレクタの光軸上上記透過光 M の光路中に所定の屈折パワ
20 ーを有するレンズを配置することによって容易に得ることができる。

また、前記実施の形態 A1-1 で説明したような種々の方法により、参照光や物体光を生成して各回折領域 361a を形成するようにしてもよい。

25 (実施の形態 A3-5)

図 35 に示すように、回折光学素子として、ホログラム素子 39

1 を用いるとともに、リフレクタに楕円面鏡 3 5 3 を用いるようにしてもよい。

すなわち、ランプ 1 0 2 からの出力光束が楕円面鏡からなるリフレクタ 3 5 3 によりその第 2 焦点へと集光される経路上に、回折領域 3 9 1 a が形成されたホログラム素子 3 9 1 を配置すればよい。
これにより、ホログラム素子 3 9 1 の各回折領域 3 9 1 a からの回折光束は、補助レンズ 3 0 2 (省略可能) を介して画像表示素子 3 0 3 へと入射する。画像表示素子 3 0 3 の出力光束は投写レンズ 3 5 7 によりスクリーン (不図示) 上へ拡大投写される。

10 上記ホログラム素子 3 9 1 は、前記実施の形態 A 3 - 4 で説明したように、参照光として、上記リフレクタ 3 5 3 からの第 2 焦点に集光する反射光束と等価な光束を参照光として用いることにより作製することができる。

上記のような画像表示装置においても、実施の形態 A 3 - 3 の画像表示装置と同様に、ホログラム素子 3 9 1 を第 2 焦点に近づけて配置し小さくできるようにすることで、画像表示素子 3 0 3 へ入射する照明光束の最大入射角度が小さくなることによる製造コストの低減や、画像表示素子 3 0 3 のマイクロレンズのゲインの増大などによる投射効率の向上効果が得られる。

20 (実施の形態 A 3 - 6)

図 3 6 に示すように、反射型のホログラム素子 4 0 1 を用いるようにしてもよい。

この反射型のホログラム素子 4 0 1 としては、例えば、いわゆる体積ホログラムが用いられる。このホログラム素子 4 0 1 は、その法線が照明光学系の光軸および投射光学系の光軸と例えば 4 5 ° の角度をなすように配置されるが、回折領域 4 0 1 a が形成され、各

回折領域 4 0 1 a から出力される回折光が画像表示素子 3 0 3 上で重畳されるようになっている。このようなホログラム素子 4 0 1 も、前記実施の形態 A 1 - 1 や実施の形態 A 3 - 3 で説明したような方法によって作製することができる。また、リフレクタとして、
5 実施の形態 A 3 - 5 と同様に楕円面鏡を用いたり球面鏡を用いるなどしてもよい。

(実施の形態 A 3 - 7)

回折光学素子としてホログラム素子を用いるとともに、色分離および色合成にダイクロイックプリズムを用い、画像表示素子として
10 透過型の表示素子を用いてフルカラー画像を表示する 3 板方式の画像表示装置の例を説明する。

この画像表示装置は、図 3 7 に示すように、ランプ 1 0 2 の白色出力光束が、リフレクタ 1 0 3 により集光され、ミラー 4 1 4 により反射された後、色分離のためのダイクロイックプリズム 4 1 5 に
15 入射し、3 原色の光束に分離されるようになっている。各色に分離された光束は、実施の形態 A 3 - 6 と同様の複数の回折領域が形成された反射型のホログラム素子 4 1 6 ~ 4 1 8 に入射し、各回折領域で回折された光束が、ミラー 4 1 9 ~ 4 2 1 を介して透過型の画像表示素子 4 2 2 ~ 4 2 4 上で重畳されて輝度変調され、ダイクロ
20 イックプリズム 4 2 5 によって合成された後、投射レンズ 1 0 7 によって図示しないスクリーンに拡大投射されるようになっている。

上記のような画像表示装置においても、製造コストの低減や、投射効率の向上効果が得られる。

なお、各ホログラム素子 4 1 6 ~ 4 1 8 は、その回折効率の波長
25 分散のピークが、入射する光束の波長帯域の中に含まれるようにすることでより一層高い効率を実現することができる。具体的には、

ホログラム作成時のレーザ光として、それぞれ入射する光束の波長のものを用いるなどすればよい。

また、リフレクタとしては、放物面鏡に限らず、楕円面鏡や、球面鏡などを用いてもよい。

- 5 また、ホログラム素子に代えて、実施の形態 A 3 - 1 で示したようなレリーフ型の回折光学素子を用いてもよい。

(実施の形態 A 3 - 8)

画像表示素子として反射型の表示素子を用いている点が前記実施の形態 A 3 - 7 と異なる画像表示装置の例を説明する。

- 10 この画像表示装置は、図 3 8 に示すように、ランプ 1 0 2 の白色出力光束が、リフレクタ 1 0 3 により集光され、ミラー 4 1 4 により反射された後、色分離のためのダイクロイックプリズム 4 1 5 に入射し、3 原色の光束に分離されるようになっている。各色に分離された光束は、実施の形態 A 3 - 6 と同様の複数の回折領域が形成
- 15 された反射型のホログラム素子 4 1 6 ~ 4 1 8 に入射し、各回折領域で回折された光束が、P B S 4 3 1 ~ 4 3 3 を介して反射型の画像表示素子 4 3 4 ~ 4 3 6 上で重畳されて輝度変調され、再度 P B S 4 3 1 ~ 4 3 3 を介してダイクロイックプリズム 4 2 5 により合成された後、投射レンズ 1 0 7 によって図示しないスクリーンに拡
- 20 大投射されるようになっている。

上記のような反射型の画像表示素子 4 3 4 ~ 4 3 6 としては、偏光型の画像表示素子であって、電気書き込み型または光書き込み型の反射型液晶パネルなどを用いることができる。

- 25 このように構成された場合でも、製造コストの低減や、投射効率の向上等の効果は同様である。

(実施の形態 A 3 - 9)

実施の形態 A 3 - 2 (図 2 8) の構成に、さらに偏光変換素子が設けられた画像表示装置の例を説明する。

この画像表示装置は、図 3 9 に示すように、ランプ 1 0 2 からの出力光束が、例えば放物面鏡のリフレクタ 1 0 3 により略平行な反射光束として出力され、同図の紙面に垂直な方向に長手方向をそろえて配置された偏光変換素子 4 4 4 のシリンドリカルレンズアレイ 4 4 1 によりスリット状に集光されてシリンドリカルレンズ 4 4 1 の焦点近傍で細長いスリット状に結像するようになっている。偏光分離素子 4 4 2 および偏波面回転手段 4 4 3 は、上記焦点近傍に配置され、リフレクタ 1 0 3 からの反射光束の偏光方向が特定の方向に揃えられた光束が出力されるようになっている。その出力光路の経路上に、複数の回折領域が形成された回折光学素子 3 0 1 が設けられている。その他の構成は実施の形態 A 3 - 2 (図 2 8) と同様である。

この画像表示装置では、上記偏光変換素子 4 4 4 によって偏光方向が変換される点を除き、実施の形態 A 3 - 2 (図 2 8) と同様にして、投写画像の明るさの均一性が高い画像が表示される。

上記のようにインテグレータとしての機能を有する回折光学素子 3 0 1 と偏光変換素子 4 4 4 とを組み合わせることにより、より一層高い投写効率を実現することができる。

なお、実施の形態 A 3 - 2 (図 2 9) のようにダイクロイックミラーによって色合成する構成に偏光変換素子を組み合わせても、同様の効果が得られる。

(実施の形態 A 3 - 1 0)

この実施の形態 A の画像表示装置は、図 4 0 に示すように、前記実施の形態 A 3 - 2 で示したのと同様の回折光学素子 3 0 1 を備え

た画像表示装置に、さらに、前記実施の形態 A 1 - 1 等で説明した
ホログラム素子 1 0 5 と同様の機能を有する反射型のホログラム素
子 3 9 9 と、が設けられて構成されている。その他の構成は、実施
の形態 A 3 - 2 と同様である。これにより、ランプ 1 0 2 の発光領
5 域がある程度の大きさを有している場合や、リフレクタ 1 0 3 とし
て放物面鏡や楕円面鏡、球面鏡などの何れを用いた場合でも、ホロ
グラム素子 3 9 9 によって、リフレクタ 1 0 3 からの反射光束が理
想的な点光源と所望のリフレクタとを用いた場合と同様の平行光束
や収束光束に変換されるので、高い投射効率を得ることができ、高
10 い投射効率を得ることができるとともに、回折光学素子 3 0 1 に形
成された各回折領域から出力された光束が画像表示素子 3 1 4 ~ 3
1 6 上で重畳されるので、表示画像における中央部と周辺部となど
での光量むらを低減することができる。

なお、ホログラム素子 3 9 9 としては、実施の形態 A 1 - 1 等と
15 同様の透過型のものを用いたりしてもよい一方、回折光学素子 3 0
1 として反射型のものを用いたりしてもよい。

また、液晶表示素子としても、図 1 5 や図 2 4 で示したような構
成などを用いて反射型のものを使用するようにしてもよい。

また、さらに、実施の形態 A 1 0 8 で説明した偏光変換素子など
20 を設けて、一層投射効率を高くできるようにしてもよい。

なお、上記の各例では画像表示素子として液晶パネルを用いてい
るが、この液晶パネルは、例えば特開平 1 - 2 8 1 4 2 6 号公報、
特開平 3 - 1 4 0 9 2 0 号公報、特開平 4 - 2 5 1 2 2 1 号公報等
に多数開示されているように、各画素に 1 つのマイクロレンズを配
25 置し、入射光束を画素の開口部近傍に収束せしめることで実効的開
口率を増加せしめる機能を有する画像表示素子であればよく、光変

調材料、光変調の方式、及び画素の駆動方式に制約はない。

すなわち、ツイストネマティック液晶（以下TN液晶と略記する）をはじめとして、垂直配向液晶（以下VA液晶と略記する）等の種々の液晶材料、または電気光学効果を有する光学結晶などの光学的異方性を有している光学材料を用いた偏光型画像表示素子を用いることもできる。また、偏光型画像表示素子だけではなく、高分子分散型液晶（以下、PDLCと略記する）を用いて入射光束を散乱することで画像を表示する散乱型画像表示素子を用いることもできる。

10 また、例えば特願平7-284759号公報に開示されているような回折型の画像表示素子を用いることもできる。

さらに素子の駆動としては、TFTだけではなく薄膜ダイオード（以下、TFDと略記する）を用いた画像表示素子を用いることができる。また、TFT、TFD等の駆動素子を形成する材料として、高温多結晶シリコン（以下、高温p-Siと略記する）、低温多結晶シリコン（以下、低温p-Siと略記する）、アモルファスシリコン（以下、a-Siと略記する）を用いた画像表示素子を用いることもできる。

また、透過型液晶パネルは、例えば特開平1-281426、特開平3-140920、特開平4-251221等に多数開示されているように、各画素に1つのマイクロレンズを配置し、入射光束を画素の開口部近傍に収束せしめることで実効的開口率を増加せしめる機能を有するものを用いてもよく、また、光変調材料、光変調の方式、及び画素の駆動方式に制約はない。

25 すなわち、ツイストネマティック液晶（以下TN液晶と略記する）をはじめとして、垂直配向液晶（以下VA液晶と略記する）等

の種々の液晶材料、あるいは電気光学効果を有する光学結晶などの光学的異方性を有している光学材料を用いた偏光型画像表示素子を用いることもできる。

また、偏光型画像表示素子だけではなく、高分子分散型液晶（以下、P D L Cと略記する）を用いて入射光束を散乱することで画像を表示する散乱型画像表示素子を用いることもできる。

また、例えば特願平 7 - 2 8 4 7 5 9 に開示されているような回折型の画像表示素子や、いわゆる D M D 素子と呼ばれる光偏向型の画像表示素子なども用いることができる。

10 また、各画素に駆動素子を形成するアクティブマトリックス方式（以下、A M 方式と略記する）、単純な行列電極で直接素子を駆動する単純（パッシブ）マトリックス方式（以下、P M 方式と略記する）のいずれの駆動方式の画像表示素子も用いることができる。

また、ランプとして、メタルハライドランプ、ハロゲンランプ、
15 キセノンランプ、超高圧水銀ランプ等を使用することができる。発光体は小さい方がより好ましいが、本発明においては、特に発光体が小さくしなければならないわけではなく、例えば高出力キセノンランプや、高出力メタルハライドランプのように発光体が数ミリと大きいランプを用いてもかまわない。

20 本発明における集光手段に相当するリフレクタとしては、放物面鏡、楕円面鏡、球面鏡を用いることが好ましい。その際放物面鏡の場合には焦点近傍に、楕円面鏡の場合には第 1 焦点近傍に、球面鏡の場合には球の中心近傍にランプ 2 の発光体を設置することが好ましい。

25 また、色合成系にダイクロイックミラー 1 5、1 6 を用いたが、ダイクロイックプリズムを用いて色合成系を構成しても良い。ま

た、色合成系を用いずに、3枚の液晶パネルからの出力光束を、各々対応する3本の投写レンズを用いて投写し、スクリーン上で合成しても良い。また、色分解系にダイクロイックプリズムを用いることも可能である。

5 また、画像表示素子が液晶パネルのように偏光型の場合には、本発明の照明光学系において、偏光分離手段と、偏波面回転手段からなる偏光変換素子を付加することによって、より一層の投写効率の改善も可能となる。偏光変換素子としては例えば、特開平5-107505号公報、特開平6-202094号公報、特開平7-294906号公報、特開平8-234205号公報、特開平9-105936号公報等の開示されているように、偏光分離手段と、偏波面回転手段の組み合わせから構成されるあらゆる偏光変換素子を用いることができる。いずれの偏光変換素子を用いた場合にあって
10 も、基本的な光学系の構成及び後述のホログラム素子の作製方法は
15 変わらない。

 また、各実施の形態Aで示した種々の構成を組み合わせるようにしてもよい。

 尚、本発明のホログラム素子及び該ホログラム素子を用いた画像表示装置は、本発明の主旨に則り、種々の変形が可能であり、実施
20 の形態Aで構成した実施例に限定されるものではない。



(実施の形態B1)

 入射する光の偏光方向に応じて回折効果が異なる偏光選択性の回折光学素子であるホログラム素子の例について説明する。

25 このホログラム素子は、図10に示すように、それぞれ導電性透明電極(以下「ITO」という。)501が形成された2枚のガラ

ス基板 502 の間に、例えば紫外線硬化型液晶（以下「UVキュアラブル液晶」という。）分子 503a を含む領域 503 と、例えば非重合性液晶分子 504a を含む領域 504 とが形成されて構成されている。上記 UV キュアラブル液晶は、特定の波長を有する光束により硬化した、屈折率異方性を有する光硬化型液晶である。一方、非重合性液晶は、上記 UV キュアラブル液晶を硬化させる波長の光束に対して硬化しない液晶材料である。

ここで、「光学的異方性」に関する表現について説明する。一般的な液晶材料や、一軸性の光学結晶に見られるように、屈折率異方性を有する光学材料においては、常光線に対する屈折率と異常光線に対する屈折率を定義することができる。常光線とは、光線の入射角に屈折率が依存しない偏光光であり、異常光線とは入射角により屈折率が異なる偏光光のことである。異常光線に対する、その入射角に応じた屈折率は、図 3 (b) に示すいわゆる屈折率楕円体（参考文献：例えば工藤、上原著、「基礎光学」、現代工学社刊、202 ページ）により求めることができる。そこで、「各領域の入射光束に対する光学的異方性」を、特に注記しない場合には簡潔に「各領域の光学的異方性」と略記し、その意味は、「各領域における入射光束に対する常光、および異常光に対する屈折率の異方性」であるとする。また、「領域 503 と領域 504 の光学的異方性が略等しい」とは「入射する常光線に対する屈折率および異常光線に対する屈折率が、それぞれ、双方の領域で互いに略等しい」ことを意味するものとする。同様に、「領域 503 と領域 504 の光学的異方性が異なる」とは、「入射する常光線に対する屈折率は双方の領域で略等しいが、異常光線に対する屈折率は双方の領域で異なる」ことを意味するものとする。また、「光学的異方性」と「屈

折率異方性」とは同じ意味で用いる。

上記ホログラム素子は、ITO 501間に電圧が印加されていない状態では、図10(a)に示すように、領域503および領域504共に液晶分子503a, 504aが略同一の方向(ガラス基板502に略平行な方向)に配向し、領域503(硬化後)と領域504の光学的異方性が互いにほぼ等しいようになっている。すなわち、領域503と領域504とで常光線に対する屈折率がほぼ等しく(その値を n_o とする)、また、異常光線に対する屈折率もほぼ等しい(その値を n_e とする)。一方、ITO 501間に所定の電圧が印加されると、図10(b)に示すように、領域504の液晶分子504aだけが電気力線の方向に配向(スイッチング)し、領域503と領域504とで光学的異方性が互いに異なるようになっている。

上記のように構成されたホログラム素子は、P偏光光(異常光線)に対しては、ITO 50間への電圧の印加によりホログラム素子として機能し、入射光束を領域503と領域504のピッチ、および膜厚に応じた方向に回折させる。すなわち、P偏光光だけが選択的に回折し、S偏光光(常光線)は直進する(図10(b))。このようにP偏光光だけの選択的な回折は、光束が斜め方向からホログラム素子に入射した場合でも同様である。一方電圧が印加されない状態ではP, S偏光光共に直進する(図10(a))。また、このホログラム素子では、電圧が印加されていないときには、斜め方向から入射した場合であっても、P, S偏光光共に確実に直進させることができる。すなわち、図11に示すように、斜め方向から光束が入射した場合、常光線に対する屈折率が領域503, 504共に n_o で等しいだけでなく、異常光線に対する屈折率も、領域5

03, 504共に $n_e(\theta)$ で等しくなるので、常光線のみならず異常光線も回折せずに直進させることができる。

このように、上記ホログラム素子によれば、斜め方向から入射した光束に対しても、確実に、常光線、異常光線ともに直進させたり、異常光線のみを選択的に回折させたりすることができる。

次に、上記のようなホログラム素子の作製方法について説明する。このホログラム素子は、例えば2光束の干渉稿を照射することにより、いわゆる光誘起相分離によって形成することができる。

(1) まず、ITO501を形成した2枚のガラス基板502に配向膜(不図示)を塗布し、配向処理を行う。

(2) 例えば所定の直径のビーズ(不図示)を分散させることでセルギャップを確保し、2枚のガラス基板502を貼り合わせる(ビーズ分散に代えて、酸化シリコンやフォトリソマーなどから成る所定の高さの柱を形成しても良い。)

(3) 例えば非重合性液晶とUVキュアラブル液晶を例えば1:1の重量比で混合した液晶材料を注入し封止する。

(4) 2光束干渉露光により、所望のピッチの干渉稿を照射して、光が強く照射された部分のUVキュアラブル液晶を硬化させ、光誘起相分離現象によって、混合液晶中の大部分のUVキュアラブル液晶分子が硬化部に集まり、良好な領域分離が行われる。

ここで、上記(4)のプロセスにおいて、ITO501間に電圧を印加した状態にして、液晶分子を例えばガラス基板501に略垂直に配向させた状態で2光束干渉露光を行えば、図12に示すように、電圧印加時には、各光学的異方性がほぼ等しくなって入射光束におけるP偏光光、S偏光光共に直進する一方、電圧無印加時には、各領域の光学的異方性が異なるようになり、P偏光光だけが回

折し、S偏光光が直進する逆モードのホログラム素子を作製することができる。

なお、素子の駆動方法としては、一般に交流電圧を印加することが好ましいが、非重合性液晶として、例えば強誘電性液晶を用いる
5 場合には、そのメモリー性を活かしてパルス状の電圧を印加するなどしても良い。

ここで、本発明のホログラム素子と従来のホログラム素子との違いについて述べる。上記動作原理は例えば、従来例1と基本的には同様であるが、従来例1においては領域503に単に光硬化型高分子材料を用いているにすぎず、屈折率異方性に関してはなんら開示
10 していない。それに対して本発明のホログラム素子は、光硬化型液晶が屈折率異方性を有し、かつその硬化後の n_e 、 n_o が領域504の非重合性液晶と同一であることが特徴であり、それゆえ入射角特性を改善することができる。例えば、垂直に入射する光束について
15 考える（図2(a)）参照）。

従来例1では、光硬化型高分子材料からなる領域503は、屈折率異方性を有していないため常に屈折率は液晶の n_o と略等しい値 n_1 である。従来例1では液晶分子を制御して図8(a)に示した
20 ような構成とすることで、入射光束3を回折せずに直進できる。

しかしながら、図9(a)に示したように、斜めに入射した光束3'については、常光線（この場合はS偏光光5）は直進できるが、異常光線（この場合はP偏光光4）は、領域503が屈折率 n_o のままなのに対して、領域504の屈折率は $n_e(\theta)$ となるため
25 回折してしてしまうのである。図9(b)に示したように、異常光線に対する屈折率は、屈折率楕円体により求めることができる。

上記現象は、例えば、従来例2～従来例6等を開示されているよ

うに、硬化する高分子材料が本質的に屈折率異方性を有していない従来の素子すべてに共通する課題であった。

尚、従来例 6 はホログラム素子ではないが、光硬化型高分子材料と非重合性液晶との屈折率に関しては何ら記載されておらず、この場合は高分子材料が狭ギャップのセル内に形成された場合に生ずる
5 僅かな屈折率異方性が問題となる。

(実施の形態 B 2 - 1)

ホログラム素子を用いて構成された偏光分離素子の例を説明する。この偏光分離素子は、入射した光束を例えば S, P 偏光光に分離し、両者をわずかに異なる出射角で出射させるもので、例えば偏
10 光方向のそろった光束を得るための偏光変換素子などに用いられる。

この偏光分離素子 5 1 0 は、図 1 3 に示すように、第 1 のホログラム素子 5 1 1 と第 2 のホログラム素子 5 1 2 とが貼り合わされて構成されている。第 1 のホログラム素子 5 1 1 の法線方向（図中 Z 軸方向）に略平行な光束 α が入射すると、例えば S 偏光成分（同図に示す X 軸に平行な偏波面を有する偏光成分）は回折されて、例えば 45° の出射角（基板法線すなわち Z 軸を基準とし、Z 軸と入射光線の進行方向とのなす角）で出射し、第 2 のホログラム素子 5 1
15 2 に 45° の入射角で入射するようになっている。一方、P 偏光成分（Y 軸に平行な偏波面を有する偏光成分）は、そのまま第 1 のホログラム素子 5 1 1 を透過するようになっている。

上記 45° の入射角で第 2 のホログラム素子 5 1 2 に入射した S 偏光光は、その第 2 のホログラム素子 5 1 2 により回折されて、例えば -7° の出射角で出射される一方、P 偏光光は、第 1 のホログラム素子 5 1 1 と同様に Z 軸に平行に透過するようになっている。
25

すなわち、この偏光分離素子 510 では、P 偏光光と S 偏光光を 7° の進行方向の差で分離して出力することが可能となる。

上記各ホログラム素子 511, 512 としては、例えば前記実施の形態 B1 のホログラム素子を用いることができ、この場合には、
5 各ホログラム素子の ITO に所定の電圧を印加することにより、上記のような動作をさせることができる。また、電圧を印加することなく、それぞれ上記のような回折をさせるホログラム素子を用いてもよい。そのようなホログラム素子は、例えば以下のようにして作製できる。

- 10 (1) 1 対のガラス基板 25 上に導電性透明電極（例えば ITO：不図示）を成膜する。
- (2) 各導電性透明電極上に配向膜（不図示）を塗布しラビング処理を行う。
- (3) 導電性透明電極上に所望の径の球状のビーズ（不図示）を分散させる。
15
- (4) ガラス基板 513 の周辺部にシール材（不図示）を塗布する。
- (5) ガラス基板 513, 514 を貼り合わせ、加熱処理によりシール材を硬化させる。
- 20 (6) 注入口（不図示）からホログラム材料として例えば UV 硬化型液晶 515 を注入する。
- (7) UV レーザー光を用いた 2 光束干渉光学系により UV 硬化型液晶 515 を露光し、後述する所定の干渉稿を形成する。
- (8) 導電性透明電極間に所定の電圧を印加しながら再度 UV 光を
25 照射する。

なお、このようなセルの作製方法光学の分野において公知の技術で

あり、また、2光束干渉光学系も、コヒーレントなレーザ光を2分割し、所定の角度で照射することにより所定の方向およびピッチの干渉縞を形成する公知技術である。

次に、上記作製方法により偏光選択性を有するホログラム素子が
5 形成される原理について説明する。UV硬化型液晶はUV光、例えば360ナノメートル付近の波長の光を照射することにより硬化する液晶である。この液晶の分子515aは、上記(2)のラビング処理によって、(6)の注入後(7)のUV露光前の状態では、図14に模式的に示すように、概ねラビングした方向に配向してい
10 る。

この状態で、後述のように2光束干渉光学系によって形成された干渉縞をUV硬化型液晶515に照射すると、UV硬化型液晶515は干渉縞の光強度に応じて硬化する。具体的には、例えば図15に模式的に示すように、同図のY軸方向に光強度分布を有する干渉
15 縞を形成すると、強度の強い部分の液晶分子515bのみが硬化する。

その後、導電性透明電極間に電圧を印加すると、図16に示すように、干渉縞の光強度の弱かった部分の液晶分子515aだけが電気力線の方向に配向(スイッチング)する。この状態で再度UV光
20 を全面に照射すると、電圧の印加を停止しても、図16に示したように液晶分子の配列状態が保たれたホログラム素子となる。すなわち干渉縞の微小なピッチで液晶のスイッチングしている領域とスイッチングしていない領域が形成される。そこで、液晶分子は光学的
25 には一軸性の屈折率異方性を有しているため、図16の例ではX軸方向に振動する偏光成分に対しては位相型回折素子として作用するのに対して、Y軸方向に振動する偏光成分に対しては等方的な素子

として回折せずに出力するという偏光異方性を有する回折素子として機能する。

本実施の形態 B においては、具体的には以下のパラメータにより各ホログラム素子 5 1 1, 5 1 2 を作製した。

- 5 第 1 のホログラム素子の干渉稿の傾角 : 22.5°
第 1 のホログラム素子の干渉稿のピッチ : $0.757 \mu\text{m}$
第 1 のホログラム素子の厚さ : $9 \mu\text{m}$
第 2 のホログラム素子の干渉稿の傾角 : 19°
第 2 のホログラム素子の干渉稿のピッチ : $0.651 \mu\text{m}$
10 第 2 のホログラム素子の厚さ : $9 \mu\text{m}$
液晶の平均の屈折率 : 1.593
屈折率変化 : 0.083

- 上記のようにして作製された偏光分離素子 5 1 0 の S 偏光光に対する回折効率を図 1 7 に示す。横軸は第 1 のホログラム素子 5 1 1 への入射角度である。図のように $\pm 2^\circ$ の範囲で 90% 以上の高い偏光分離特性を実現することができた。

- なお、液晶材料として、磁場で配向可能な UV 硬化型液晶を用いた場合には、ガラス基板 5 1 3, 5 1 4 の表面に導電性透明電極を形成する必要が無く、また上記 (8) のプロセスにおいて電界を作用させる代わりに磁界を作用させればよい。

このほかにもホログラム材料 2 7 として特定の波長領域に対して感度を有するフォトリソと液晶ポリマーとの混合物を用いて、光誘起相分離によりホログラム素子を作製してもよい。

- 25 また、本実施の形態 B においては、ガラス基板 5 1 3, 5 1 4 の法線として定義される光軸と入射光束が概ね一致していたが、必ず

しも一致している必要はない。

上記のような偏光分離素子に用いるホログラム素子としては、例えば図 18 に示すようなものを用いることもできる。このホログラム素子 521 は、例えば液晶などの屈折率異方性を有する光学媒体 522 を用いて形成されており、厚さが $10\ \mu\text{m}$ 程度と厚いため、屈折率分布が厚さ方向にも周期的に分布している。このため、偏光方向により回折作用が異なり、また回折作用としては 1 方向に高い回折効率を示す特性を有する。

以下、このホログラム素子 521 について詳述する。

10 この素子内部は光の入射する表面から、厚さ方向に対して傾斜した層が周期的に形成された層構造を有している。互いに隣合う層では、一方は屈折率異方性を有する光学媒体 522 の光軸の傾きがホログラム素子 521 の表面に平行となるように配列しており、他方は表面に対して垂直方向に配列している。

15 上記屈折率異方性を有する光学媒体 522 に光が入射すると、その光の偏光方向が光学媒体 522 の光軸と平行な場合は異常光線となるため、屈折率としては N_e の値を示す。また、偏光方向が光学媒体 522 の光軸と垂直である場合は常光線となり、 N_o の屈折率を示すことになる。ここで、 $N_e > N_o$ である。

20 次に、図 18 に示すホログラム素子 521 において、紙面に対して垂直方向に偏光方向を有する光を常光線とし、紙面と平行方向に偏光方向を有する光を異常光線として、これらの光がホログラム素子 521 に入射したときの振る舞いについて説明する。

まず、常光線が入射した場合、その偏光方向は、各層を構成する
25 何れの光学媒体 522 の光軸に対しても垂直となる。このため、各層間での光軸の向きに関係なく、各層での屈折率は N_o となる。つ

まり、屈折率が N_o の一様な媒体が存在するのと等しいため、これに入射する常光線は回折の作用を受けず、同図に示すように、そのまま透過することになる。

一方、異常光線が入射した場合には、屈折率異方性を有する光学媒体 5 2 2 の光軸が入射面と平行に配列している層においては、入射光の偏光方向が光軸と平行となる。このため、 N_e の屈折率を有する層を通過する場合に相当する。また、ホログラム素子 5 2 1 の入射面に対し光学媒体 5 2 2 の光軸が垂直方向である層に対しては、偏光方向が光軸と垂直の場合に相当するので、この層は N_o の屈折率を有するものと作用する。そこで、異常光線に対しては、ホログラム素子 5 2 1 は、その入射光の進行方向である厚さ方向において、屈折率が周期的に異なる複数の層を通過することになる。この結果、入射光線はこの層の傾斜角度と周期のピッチに対応する特定の方向に光が集光される、いわゆるブラッグの回折作用を受けることになる。それゆえ、同図に示すように、異常光線はホログラム素子 5 2 1 を通過後、素子の内部に形成された層構造に対応して光路を変化することになる。

すなわち、上記のように厚さ方向に周期構造を有するように構成することで、ブラッグの回折条件が適用されることになる。これは、ある波長を有する光が周期構造を形成する各層に入射した場合、各層で散乱された光はその波長と入射角度および層間のピッチに対応する特定方向に散乱成分が強め合う現象を生じる。これが、ブラッグの回折条件と呼ばれるものであり、このような条件は従来の 2 次元的な回折光学素子に対し、3 次元的な構成となり、ブレイズ化（1 つの方向に光を収束する）の作用を有することになる。

したがって、従来の回折光学素子に比べて、回折効率を飛躍的に

向上させることができ、理論的には100%の効率が可能である。
実際上も、中途での損失等を考慮に入れても90%以上の効率が期待できる。これに対し、バイナリからなる2次元の回折光学素子では、回折波は0次を含み左右対称に高次まで回折されることになる
5 ため、1次の方向への回折効率は最高でも40%程度となり、素子
を通過する全光量に対する割合としては低い値となる。

図19にホログラム素子521の理論的な回折効率の計算結果を
「ベル システム テクノロジ ジェイ」(H. Kogelnik,
10 9, pp. 2909-2947)の解析に基づいて示す。回折効
率は全入射光量に対する1次の方向に回折された光量の割合であ
る。回折光学素子の各種パラメータをまとめて表1に示す。

【表1】

15 図19において、(a)はブラッグ角から入射角度がずれた場合
の回折効率の変化、すなわち回折効率の入射角度依存性であり、
(b)は入射波長が設計値からずれた場合の変化、すなわち回折効
率の入射波長依存性を示したものである。

図19(a)の角度依存性についてはホログラム素子521に入
20 射する光束が平行光からずれた場合(入射角が所定の角度からずれ
た場合)の効率に相当し、また図19(b)の入射波長依存性につ
いては白色光源による照明時の効率等の検討に対応するものであ
る。同図に示すように、各種パラメータを適当に設定することで理
論的な回折効率が1、つまり100%近くの高い回折効率を得るこ
25 とが期待できる。また、同図によれば、波長に関しては $\pm 100 \text{ nm}$
付近まで特性がフラットであり、白色光に対しても高い効率が期

待できる。

なお、図 18 では、ホログラム素子 521 を構成する光学媒体 522 の光軸が、隣り合う層間で 90° 傾斜して屈折率差が最も大きい場合を示したが、この角度を任意に設定することで屈折率差を N_e から N_o の中間値に設定することも可能である。また、これを利用した屈折率分布を選択することにより回折効率を調整することも可能である。

また、ホログラム素子 521 の領域をいくつかに分割し、それぞれ回折する方向をずらすような構成も可能である。

10 さらに、白色光を構成する R : 赤 ($0.65 \mu\text{m}$)、G : 緑 ($0.55 \mu\text{m}$)、B : 青 ($0.45 \mu\text{m}$) 程度の各中心波長のそれぞれに応じて異なった周期構造、角度等を有する層を形成し、これらを積層してホログラム素子 521 を構成したり、または、これらの構造を重畳してホログラム素子 521 内に記録することにより、波長分散または角度依存性の影響を緩和するような構成も可能である。

次に、ホログラム素子 521 の作製方法について説明する。

まず、1 対のそれぞれのガラス基板上に透明導電性電極として、例えば ITO を形成する。

20 次に、これらの基板を洗浄して、付着しているダストを除去した後、高分子からなる配向膜、例えばポリイミドをスピンコート法等により塗布し、加熱処理を行うなどして配向膜を基板上に形成する。

この後、上記配向膜に、ローラ等により特定方向のラビング処理を施してから、一方の基板の周辺にシールの印刷を行い、他方の基板に直径 $5 \mu\text{m} \sim 20 \mu\text{m}$ 程度のビーズを分散させる。この 2 枚の

基板をラビング方向が互いに対になるように貼り合わせて、空のセルを構成する。

上記空セルに、屈折率異方性を有する光学媒体 522 として、例えば正の誘電異方性を有する液晶を注入する。なお、負の誘電異方性を有する液晶を使用することも可能である。上記液晶は、より詳しくは、例えば光重合性液晶モノマーまたは光架橋可能液晶ポリマー等が含まれたもので、360 nm 前後の紫外領域の波長の光照射により液晶が硬化し液晶分子の方向が固定化される特性を有したものをを用いる。上記注入は室温で大気雰囲気の中で行うこともできるが、40℃～60℃程度の高温、また、真空中で注入するなどしてもよい。

液晶を注入後のセルに対し注入口および脱気口付近を封止剤により封止すると、液晶サンプルが完成する。

上記のようにして作製した液晶サンプルに対して、干渉縞の露光を行う。

まず、露光時間を調節するためのシャッタを閉じて光照射が無い状態で、光学系の作製位置（露光装置の所定の位置）に上記液晶サンプルを配置し、シャッタを所定の時間、例えば1分間程度開放した後閉じることにより、第1の露光工程としての干渉縞による露光を行う。

上記干渉縞を形成するための光源としては、例えば、照射強度が50 mW～100 mW程度のAr（アルゴン）レーザから出力される、波長が360 nm 前後のレーザ光を用いることができる。このレーザ光をビームエキスパンダ等によって例えば直径30 mm～50 mm 程度のビームに広げた後、ビームスプリッタ等により2方向に分割し、ミラー等を組み合わせて設定した光路を介して干渉縞を

形成し、液晶サンプルに照射する。この干渉縞は、上記ミラー等を調整することにより、液晶サンプルが配置された位置で例えば 1 μ m ピッチ程度になるようにする。

上記露光により、液晶サンプルにはレーザの 2 光束の干渉により
5 形成された干渉縞における光強度が高い明部に属する領域の液晶が硬化し、液晶分子が配向膜によって初期に配向された方向に分子軸が固定化される。すなわち、例えば前記のように正の誘電異方性を有する液晶を用いる場合、初期には液晶分子は一様にガラス基板に平行な方向に配向しており、干渉縞の明部の領域では、この状態が
10 保存されることになる。一方、干渉縞の暗部の領域では光強度が明部に比べ低いため、この第 1 の露光工程では液晶分子はほとんど硬化しない。

次に、第 2 の露光工程として、まず、液晶サンプルの 2 枚のガラス基板の内側に形成された透明導電性電極としての ITO 電極間に
15 5 (V/ μ m) 程度の交流電界を印加する。この電界印加により前記干渉縞の暗部だった領域の未硬化の液晶分子はガラス基板に対して垂直に立つ方向に傾斜する。この時の傾斜の角度は、印加する電界に比例するため電界の大きさを調整することで所望の傾斜角度、つまり屈折率差を与えることができる。

20 上記のように電圧を印加した状態で、例えばビームスプリッタにより分割されたレーザ光のうち的一方を遮ることにより、干渉縞が形成されない一様な強度分布の光を液晶サンプルの全面に例えば 5 分間程度照射し、前記未硬化の暗部だった領域全体を完全に硬化させる。

25 以上のような第 1 の露光工程と第 2 の露光工程を行うことで、図 18 で示したような構造を有するホログラム素子 521 が作製され

る。

また、ここではITOのような透明電極を形成したガラス基板を用いてセルを作製し、第2の露光行程で電界を印加することにより液晶分子の方向を初期位置から変化させた場合について説明した。

- 5 他の方法として透明電極を用いず、磁界の印加により液晶分子の方向を変化させて第2の露光工程を行い、ホログラム素子521を作製することも可能である。

- さらに、照射するArレーザの偏光方向を第1の露光工程と第2の露光工程において例えば90°異なるように設定し露光する方法
10 も考えられる。配向膜等の高分子膜に対し光源として直線偏光を照射した場合、ランダムに配向している高分子の中からその主鎖（あるいは側鎖）を偏光方向に向けている分子が主に光を吸収し光反応を起こし、その膜に光学異方性が発現する。高分子材料等において、その高分子の光反応過程（光異性化、光重合、光分解）が照射
15 される光の偏光方向とその高分子のなす角度によって制御できる。

したがって、ここで干渉縞を構成する紫外領域の光の偏光方向を制御することにより、液晶の初期の配向状態の設定および第1と第2の露光工程での液晶分子の移動等を行うことも可能である。

- 上記のようにして作製した素子の回折効率を、He-Neレーザ
20 を用い、入射する偏光方向を変化させて測定したところ、常光線に対する透過率は98%前後であり、高い透過率を有していた。また、異常光線に対する1次の方向への回折効率も90%程度であり良好な結果が得られた。したがって、ここで作製した回折光学素子は高い偏光分離特性および回折効率を有していることが確認され
25 た。

なお、屈折率異方性を有する光学媒体としては、液晶の他に、二

オブ酸リチウムや、 KD_2PO_4 、 $\beta-BaB_2O_4$ 、PLZTなどの電気光学効果等を有する一軸性の結晶を用いることも可能であり、また、 $KTiPO_4$ などの2軸性の光学結晶等も含めて種々の屈折率異方性を有する媒体を用いることにより、同様の効果を得ることも可能である。

(実施の形態B2-2)

ホログラム素子を用いて構成された偏光分離素子の他の例を説明する。

この偏光分離素子530は、図20に示すように、全反射ミラー531の表面に、前記実施の形態B1または実施の形態B2-1で示したのと同様のホログラム素子532が設けられている。ここで、実施の形態B1のホログラム素子が用いられる場合には、ITO間に所定の電圧が印加された状態で用いられる。

上記全反射ミラー531およびホログラム素子532は、光源のランプ533からの光を反射するリフレクタ534の光軸に対して、法線が 45° の角度をなすように配置されている。

上記このホログラム素子532は、同図の紙面に垂直な方向に偏光方向を有する光(S偏光光とする)が常光線となり、紙面に平行な方向に偏光方向を有する光(P偏光光とする)が異常光線となるように配置されている。また、このホログラム素子532は、 45° の入射角で入射した異常光線を 45° よりもわずかに大きい出射角になるように回折させて出射させるように設定されている。

このように構成されていることにより、ホログラム素子532に対して常光線であるS偏光光は、前記各実施の形態Bで説明したように、素子の周期構造からなる屈折率分布の影響を受けず、等方的な均一な屈折率の媒体を通過する時と同様の特性を示す。それゆ

え、S 偏光光はホログラム素子 5 3 2 をそのまま透過して全反射ミラー 5 3 1 で反射され、再びホログラム素子 5 3 2 を透過して出射する。すなわち、S 偏光光は全反射ミラー 5 3 1 によって進行方向が 90° 曲げられて出射する。

- 5 一方、ホログラム素子 5 3 2 に対して異常光線である P 偏光光は、ホログラム素子 5 3 2 内に形成された周期構造の屈折率分布により変調されて回折し、上記のように 45° よりもわずかに大きい出射角で出射する。

したがって、ランプ 5 3 3 からリフレクタ 5 3 4 を介して出射された光を、この偏光分離素子 5 3 0 によって、S 偏光光と P 偏光光とで進行方向がわずかに異なる出射光に分離することができる。

(実施の形態 B 3 - 1)

- 前記実施の形態 B 2 - 2 の偏光分離素子を用いて構成された偏光変換素子の例を説明する。この偏光変換素子は、光源からの偏光方向がランダムな光を所定の方向の偏光光に揃えて出力するもので、例えば偏光型の液晶表示素子などの偏光照明装置等に用いられる。

図 2 1 は偏光変換素子 5 4 0 を含む偏光照明装置の構成を示す説明図である。

- ランプ 5 3 3 としては、蛍光灯や、キセノンランプ、メタルハライドランプ、水銀ランプ、LED、FED、レーザー光、無機または有機 EL 素子等が用いられる。ランプ 5 3 3 からの光は、リフレクタ 5 3 4 により略平行光となって出射する。この略平行光は偏光分離素子 5 3 0 に入射し、実施の形態 B 2 - 2 で説明したように S 偏光光と P 偏光光とで進行方向がわずかに異なるように分離されて、偏光分離素子 5 3 0 から出射する。

偏光分離素子 5 3 0 から出射した S 偏光光および P 偏光光は、そ

れぞれ、インテグレータ 5 4 1 を構成する第 1 レンズ群（第 1 の蠅の目レンズ）5 4 2 の各レンズ 5 4 2 a に入射し、それぞれの入射角に応じて、各レンズと 5 4 2 a 対をなす第 2 レンズ群（第 2 の蠅の目レンズ）5 4 3 の各レンズ 5 4 3 a における互いに異なる所定の領域に集光される。

上記 S 偏光光および P 偏光光が集光される所定の領域は、例えば各レンズ 5 4 3 a を概ね 2 分する領域に設定されるとともに、P 偏光光が集光される領域における各レンズ 5 4 3 a の裏面側（光の進行方向側）には、 $1/2$ 波長板である位相差板 5 4 4 が周期的に設けられている。そこで、第 2 レンズ群 5 4 3 に入射した S 偏光光は、そのまま S 偏光光として出射する一方、P 偏光光は、位相差板 5 4 4 を介して偏光方向が 90° 回転され、S 偏光光に変換されて出射する。すなわち、何れの偏光光も S 偏光光に揃えられて出射する。

この S 偏光光は、フィールドレンズ 5 4 5 および集光レンズ 5 4 6 を介して概ね平行な光束として画像表示素子（ライトバルブ）5 4 7 に入射し、画像表示に用いられる。

上記のようなホログラム素子 5 3 2 と位相差板 5 4 4 とを用いた場合と用いない場合とで、画像表示素子 5 4 7 に入射する光量を比較したところ、ホログラム素子 5 3 2 と位相差板 5 4 4 により偏光変換を行った場合は光利用効率が $1.2 \sim 1.6$ 倍程度向上し、上記ホログラム素子 5 3 2 を用いた偏光変換素子 5 4 0 の機能が優れていることが確かめられた。

（実施の形態 B 3 - 2）

前記実施の形態 B 3 - 1 で説明した偏光分離素子が、インテグレータを構成する第 1 レンズ群と第 2 レンズ群との間の光路中に設け

られて偏光方向を揃える偏光変換素子の例を説明する。なお、本実施の形態B等において、前記実施の形態B3-1等と同様の機能を有する構成要素については、適宜同一の符号を付して詳細な説明を省略する。

- 5 図22は偏光変換素子545を含む偏光照明装置の構成を示す説明図である。

リフレクタ534からの略平行光は、インテグレータ541を構成する第1レンズ群542を介して偏光分離素子530に入射するようになっている。偏光分離素子530に入射した光束は、実施の
10 形態B2-2で説明したようにS偏光光とP偏光光とで進行方向がわずかに異なるように分離されて、偏光分離素子530から出射する。

偏光分離素子530から出射したS偏光光およびP偏光光は、それぞれ、インテグレータ541を構成する第2レンズ群（第2の
15 の目レンズ）543の各レンズ543aにおける、裏面側に位相差板544が設けられている領域または設けられていない領域に集光される。そこで、前記実施の形態B3-1と同様に、S偏光光はそのままS偏光光として出射する一方、P偏光光は、位相差板544を介して偏光方向が90°回転され、S偏光光に変換されて出射
20 する。すなわち、何れの偏光光もS偏光光に揃えられて出射する。

このように構成された偏光変換素子545によっても、実施の形態B3-1と同様に光利用効率を向上させることができる。

（実施の形態B3-3）

前記実施の形態B1または実施の形態B2-1で示したのと同様の
25 のホログラム素子が用いられた、他の偏光変換素子の例を説明する。

図 2 3 は偏光変換素子 5 5 0 を含む偏光照明装置の構成を示す説明図である。この偏光照明装置の偏光変換素子 5 5 0 は、前記実施の形態 B 1 または実施の形態 B 2 - 1 で示したのと同様のホログラム素子 5 5 1 と全反射ミラー 5 3 1 との間に、 $1/4$ 波長板である位相差板 5 5 1 が設けられて構成されている。

ランプ 5 3 3 からの P 偏光光と S 偏光光とを含む光波はホログラム素子 5 5 1 に入射し、P 偏光光は、実施の形態 B 1 等で説明したように回折光学素子の屈折率分布等に応じて回折され、同図の一点鎖線で示した方向に進路を曲げられて出射する。

一方、S 偏光光は、ホログラム素子 5 5 1 をそのまま透過し、位相差板 5 5 2 を介して全反射ミラー 5 3 1 で反射され、再び位相差板 5 5 2 を通過する過程で偏光方向が入射時に対して 90° 変化し、ホログラム素子 5 5 1 に P 偏光光として入射することになる。このときの入射方向は全反射ミラー 5 3 1 とリフレクタ 5 3 4 との配置により定まるが、これがホログラム素子 5 5 1 の内部に形成された周期構造に対するブラッグの回折条件からずれた条件となるようにして、ホログラム素子 5 5 1 が入射した光を反射せずに透過させるようになっている。すなわち、前記図 1 9 (a) で回折効率の角度依存性について説明したように、ホログラム素子への入射角が所定の角度からある程度ずれると効率がほとんど 0 となり、回折作用は生じず透過するだけとなる場合があり、上記所定の角度は回折光学素子の形成条件により設定することが可能である。そこで、全反射ミラー 5 3 1 によって反射され、位相差板 5 5 2 によって P 偏光光に変換された光束が、回折されずにホログラム素子 5 5 1 をそのまま透過するようにすることができる。なお、回折させて、前記ホログラム素子 5 5 1 で直接回折された P 偏光光の伝搬方向と概ね一致

させるようにすることも可能である。

上記のように、ランプ 5 3 3 からの光波はホログラム素子 5 5 1 によって P 偏光光が回折され、ホログラム素子 5 5 1 を透過した S 偏光光は全反射ミラー 5 3 1 と位相差板 5 5 2 により P 偏光光に変換された後ホログラム素子 5 5 1 を透過して出射することにより、偏光方向が揃った略平行光束を得ることができる。

上記偏光照明装置について、実施の形態 B 3 - 1 と同様にして光利用効率を求めたところ、ホログラム素子 5 5 1 と位相差板 5 5 2 とを用いない場合に比べ 1.2 ~ 1.5 倍程度の光利用効率を得ることができた。

また、上記のような構成によれば、ホログラム素子と位相差板 5 5 2 と全反射ミラー 5 3 1 との簡易な積層構造だけで偏光変換を行わせることができるので、インテグレート等の光学系との組み合わせなども容易であり、幅広い光学系装置に使用可能である。特に、例えば 2 つのダイクロイックプリズムを備えて色分離および色合成を行うカラー画像表示装置などのようにあらかじめ折り返しミラーを備えている装置に適用する場合には、そのミラーに代えてホログラム素子を備えたミラーを用いるだけでよいので、部品点数の増加などを招くことなく光利用効率を向上させることができる。

20 (実施の形態 B 3 - 4)

前記実施の形態 B 1 または実施の形態 B 2 - 1 で示したのと同様のホログラム素子が用いられた、さらに他の偏光変換素子の例を説明する。

前記実施の形態 B 1 または実施の形態 B 2 - 1 で示したのと同様の 2 枚のホログラム素子 5 6 1, 5 6 2 を用いて、図 2 4 に示すような偏光変換素子 5 6 0 を含む偏光照明装置を構成した。

ランプ 5 3 3 からの P 偏光光と S 偏光光とを含む光束はリフレクタ 5 3 4 を介してホログラム素子 5 6 1 に入射し、S 偏光光は、そのまま略平行光として透過する。また、P 偏光光は、ホログラム素子 5 6 2 により、実施の形態 B 1 等で述べた原理により、伝搬方向
5 が概ね 90° 変化するように回折される。

この光波はさらにホログラム素子 5 6 2 に入射し、ここで同様に回折され伝搬方向が、初期のリフレクタ 5 3 4 から反射された光束の方向と概ね等しくなるように出射する。この後、 $1/2$ 波長板である位相差板 5 6 3 を透過し、偏光方向が 90° 回転されて S 偏光
10 光波として出射する。すなわち、ランプ 5 3 3 から発せられてホログラム素子 5 6 1 で回折された光波は、回折光学素子 5 6 2 と位相差板 5 6 3 とによって、ホログラム素子 5 6 1 を透過した光波と偏光方向が揃った略平行光束として出射する。

上記のような偏光照明装置のホログラム素子 5 6 2 での光波の再
15 利用率を測定したところ、ホログラム素子 5 6 2 からの光束としては、ホログラム素子 5 6 1 からの光束に対し強度割合が概ね 90% 程度の S 偏光光に変換された光束が得られた。

上記のようにホログラム素子 5 6 1, 5 6 2 を用いることの利点は、偏光分離を行う場合の分離角を任意に設定することが可能という
20 うことである。すなわち、通常のように、偏光ビームスプリッタと全反射ミラーとを組み合わせる偏光分離を行わせようとした場合、伝搬方向を 90° 曲げるためには反射面を入射光に対して 45° 傾ける必要がある（図 2 4 における θ に相当）。したがって、奥行き方向にはその反射面の大きさと傾きに相当する分の大きさが
25 必要とされ、その偏光照明装置を用いる装置において厚さ方向での制約条件が大きくなる。

一方、上記のようにホログラム素子を用いた場合は、内部に形成される屈折率分布により偏光分離角を任意に設定することが可能であるため、回折光学素子を入射光に対して垂直な平面に対し、45°以下に傾けて配置することが可能となり、図24における θ を45°以下の小さな角度で設定できるとともに、ホログラム素子を互いに平行に対に並べることで偏光変換光学系を構成することができるため、奥行き方向の大きさを大幅に減少させることができる。このため、薄型での構成が可能となり、偏光変換された偏光光が入射されるインテグレータなどの照明光学系との組み合わせにおいて、コンパクトなシステム（照明装置や画像表示装置など）を実現することができる。

（実施の形態B3-5）

前記実施の形態B1または実施の形態B2-1で示したのと同様のホログラム素子が用いられ、第1レンズ群と第2レンズ群とを有するインテグレータから出力される光の偏光方向を描える偏光変換素子の例を説明する。

前記実施の形態B1または実施の形態B2-1で示したのと同様のホログラム素子571、572を対にして、図25に示すように複数組配置し、偏光変換素子570を含む偏光照明装置を構成した。なお、同図では、画像表示素子577や投射レンズ578等を組み合わせて投射型画像表示装置を構成した例を示す。

インテグレータにおける図示しない第1レンズ群から伝達されたP偏光光とS偏光光を含んだ光波は、第2レンズ群571に入射し光束を絞られて、第2レンズ群571の各レンズ571aに対応するホログラム素子572に入射する。ここでS偏光光はそのまま透過し、P偏光光は回折され隣のホログラム素子572に入射する。

そして、ここでさらに回折されて、先の S 偏光光と概ね等しい方向に伝搬するし、1 / 2 波長板である位相差板 5 7 4 によって偏光方向が 9 0 ° 回転され、S 偏光光に変換されて出射する。

これらの過程が複数に配置された各ホログラム素子 5 7 2 , 5 7 3 と位相差板 5 7 4 の組ごとに行われ、第 2 レンズ群 5 7 1 を通過した光波は、偏光方向が揃えられて出射される。また、インテグレータと組み合わせて光束を絞って用いるため、光源からの光束の幅も大きく変化することなく偏光変換を行うことが可能となる。

上記のようにして偏光方向が揃えられた光束は、フィールドレンズ 5 7 5 と集光レンズ 5 7 6 とにより平行光束として偏光型の液晶表示素子等の画像表示素子 5 7 8 に入射し、各画素毎に輝度変調された後、投写レンズ 5 7 9 によってスクリーン 5 7 9 上に拡大投写される。

上記のような偏光変換素子 5 7 0 によって偏光変換を行った場合と行わない場合について、スクリーン上での輝度を比較したところ、偏光変換を行った場合は 3 0 % 程度輝度が増大しており、明るい画像を得ることができた。

(実施の形態 B 3 - 6)

前記実施の形態 B 1 または実施の形態 B 2 - 1 で示したのと同様のホログラム素子が用いられた、さらに他の偏光変換素子の例を説明する。

図 2 6 に示すように、前記実施の形態 B 3 - 4 と同様の 1 対の偏光変換素子 5 6 0 をリフレクタ 5 3 4 の光軸に対して対象になるように設けて、偏光変換素子 5 9 0 を構成するようにしてもよい。このように構成することにより、リフレクタ 5 3 4 が偏光照明装置の例えば幅方向中央に配置されるため、両側に均等な空間が形成され

るので、この偏光照明装置が適用される装置における他の構成要素等の配置が容易になる。

(実施の形態 B 4 - 1)

前記実施の形態 B 2 - 1 (図 13) の偏光分離素子 510 を用いて構成された投射型画像表示装置を構成した例を説明する。上記偏光分離素子 510 を構成するホログラム素子としては、実施の形態 B 1 や実施の形態 B 2 - 1 (図 10、18 等) で示したものなどを適用することができる。ここで、実施の形態 B 1 のホログラム素子が用いられる場合には、ITO 間に所定の電圧が印加された状態で用いられる。

投写型画像表示装置 600 は、図 27 に示すように、ランプ 533、リフレクタ 534、偏光分離素子 510、およびインテグレートから構成される偏光照明装置 601 を備え、ランプ 533 からの出力光束をリフレクタ 533 で反射し、反射後の出力光束 β を偏光分離素子 510、インテグレート 541 を介して、例えば透過型液晶パネル等の画像表示素子 547 に入射させ、輝度変調された光束を、投写レンズ 602 によりスクリーン (不図示) 上に拡大投写することで画像を表示するようになっている。

次に、この投写型画像表示装置 600 に用いる偏光分離素子 510 およびインテグレートについて説明する。本発明で用いる偏光分離素子 510 は、実施の形態 B 2 - 1 で説明したように、第 1 のホログラム素子 511、および第 2 のホログラム素子 512 からなり、P 偏光光を直進させて (出力角 0° で) 透過させる一方、S 偏光光を略 -7° の出力角で出力するものである。

また、第 1 レンズ群 (第 1 の蠅の目レンズ) 542 を構成する各第 1 微小レンズは、それぞれ第 2 レンズ群 (第 2 の蠅の目レンズ)

5 4 3を構成する各第2レンズにランプの像を結像させる。その
際、P偏光光 γ と、S偏光光 δ とを異なる位置に結像する。例えば
S偏光光 δ が結像する部分には、偏波面回転手段としての $1/2$ 波
長板($\lambda/2$ 板)である位相差板5 4 4が設けられ、この位相差板
5 5.4 4を透過したS偏光光 δ は略P偏光光に変換されて出力され
る。なお、P偏光光 γ と、S偏光光 δ とのうちの何れの偏光成分に
対して偏波面を回転させるかは、画像表示素子5 4 7が備える偏光
板の偏光方向によって決定される。

上記第2レンズ群5 4 3は、第1レンズ群5 4 2を構成する各微
小レンズの像を画像表示素子5 4 7における表示画像領域のほぼ全
面にわたって結像させることにより、表示画像の明るさの均一性が
確保される。

上記のような偏光照明装置6 0 1を構成することにより、ランプ
5 3 3から出力される無偏光光を効率よくP偏光光に変換すること
ができ、高い投写効率を実現することが可能となる。また、上記の
ような偏光分離素子5 1 0は、作製が容易であり安価に構成するこ
とができる。また、偏光分離素子5 1 0は光軸方向の寸法が小さい
ので、コンパクトで、かつ高い分離効率を有する偏光分離素子を容
易に構成することができる。また、上記のような偏光分離素子を用
いることにより、高い光利用効率の投写型画像表示装置を容易に実
現することができる。

なお、ランプ5 3 3およびフレクタ5 3 4の配置を異ならせれ
ば、実施の形態B 3 - 1 ~ 3 - 3 (図2 1 ~ 2 3) に示したような
偏光変換素子5 3 0等を用いることもできる。

また、上記ランプ5 3 3としては、メタルハライドランプや、ハ
ロゲンランプ、キセノンランプ、超高圧水銀ランプ等を使用するこ

とができるが、発光領域の大きさが小さいものを用いることが好ましい。

(実施の形態 B 4 - 2)

透過型の 3 つの画像表示素子と、色分解系および色合成系の光学要素を備え、カラー画像を表示し得るいわゆる 3 板方式の投射型の画像表示装置の例を説明する。

この画像表示装置は、図 28 (a) に示す色分解系要素 610 の下方に、図 28 (b) に示す色合成系要素 620 が設けられて構成されている。

10 上記色分解系要素 610 は、前記実施の形態 B 4 - 1 で示したのと同様の偏光変換素子を含む偏光照明装置 601 と、ダイクロイックプリズム 611 と、全反射ミラー 612 ~ 614 とを備えて構成され、偏光照明装置 601 から出力された光を R (赤)、G

(緑)、B (青) の各波長の光に分解するようになっている。一方、色合成系要素 620 は、全反射ミラー 621 ~ 623 と、画像表示素子 624 ~ 626 と、ダイクロイックプリズム 625 と、投射レンズ 628 とを備えて構成され、色分解系要素 610 から導かれた各波長の光が画像表示素子 624 ~ 626 を通過した後、色合成が行われ、投射レンズ 628 によってスクリーン 629 に画像を
20 投射するようになっている。

この画像表示装置では、ランプ 533 からリフレクタ 534 を介して出力されたほぼ平行光束が、前記実施の形態 B 4 - 1 で説明したのと同様に、偏光分離素子 510 およびインテグレータ 541 によって偏光方向が揃えられるとともに光束の面内での均一性が保たれるようにされた後、ダイクロイックプリズム 611 に入射する。
25 このダイクロイックプリズム 611 は、各帯域の波長のフィルタが

内部に形成された構成となっていて、偏光照明装置 6 0 1 からの白色光は前記波長フィルターに対応して、色の三原色である R、G、B の各波長に対応した光に分解され、それぞれ同図中に矢印で示した方向に出射する。ここで、上記ダイクロイックプリズム 6 1 1

5 は、これは 2 枚構成のダイクロイックミラーが用いられる場合と同様の機能を有するが、プリズム構成のために、広い空間を使用することなく色の分解が可能であるため、コンパクトな表示装置を構成することができるようになる。

上記ダイクロイックプリズム 6 1 1 から出射した各色の光は、全

10 反射ミラー 6 1 2 ~ 6 2 4 により反射されて、下方側の色合成系要素 6 2 0 に導かれる。色分解系要素 6 1 0 から色合形成容素 6 2 0 に導かれた各色の光は、全反射ミラー 6 2 1 ~ 6 2 3 を介により進行方向が概ね 90° 変化して反射され、各色の光に対応する透過型の画像表示素子 6 2 4 ~ 6 2 6 によって輝度変調された後、ダイク

15 ロイックプリズム 6 2 7 に入射する。このダイクロイックプリズム 6 2 7 は、前記ダイクロイックプリズム 6 1 1 と逆の機能を有し、それぞれ R、G、B の各色の光に分かれて入射した光の色合成を行うもので、合成された光をは、投射レンズ 6 2 8 の方向に向けて出射する。ダイクロイックプリズム 6 2 7 から出射した光は、投写レ

20 ンズ 6 2 8 によって、スクリーン 6 2 9 上に投射され、拡大された画像として表示される。

上記のようにリフレクタ 5 3 4 から出力された光束の偏光方向を揃える偏光変換素子が設けられることにより、光利用効率を向上させて、明るい画像を表示し得る画像表示装置を構成することができる。

25

なお、上記のようにカラー画像を表示する画像表示装置等に偏光

変換素子等を適用する場合には、ホログラム素子の作製にあたって、赤、緑、および青の光による光の干渉縞で多重露光したり、それぞれの色の光の回折に対して最適化したホログラム素子を積層したりした構造のものを用いるようにしてもよい。

- 5 また、上記偏光分離素子 5 1 0 および位相差板 5 4 4 に代えて、前記実施の形態 B 3 - 4 ~ 3 - 6 (図 2 4 ~ 2 6) に示したような偏光変換素子 5 6 0 等を用いるようにしても、同様に高い光利用効率を得ることができる。

- 10 また、上記のような偏光変換素子 5 5 0 等は、インテグレータ 5 4 1 とダイクロイックプリズム 6 1 1 との間に配置しても、同様の効果を得ることができる。また、偏光変換素子 5 5 0 等をダイクロイックプリズム 6 1 1 と画像表示素子 6 2 4 ~ 6 2 6 との間、すなわち色分離された後の各色の光に対応させた 3 つの偏光変換素子 (およびインテグレータ) を設けるようにしてもよい。この場合には、各色の光に対応させて個別に偏光変換素子を設けるので、ホログラム素子として、それぞれの色の波長に合わせて波長分散の影響を低減させ得るように最適化したもの、すなわち各波長に対応した周期構造が形成されたもの?》などを用いることができ、一層光利用効率を向上させることができる。また、同様にインテグレータも
15 ダイクロイックプリズム 6 1 1 よりも後に設けるようにしてもよい。
20 い。

また、ランプ 5 3 3 およびリフレクタ 5 3 4 の配置を異ならせれば、実施の形態 B 3 - 1 ~ 3 - 3 (図 2 1 ~ 2 3) に示したような偏光変換素子 5 4 0 等を用いることもできる。

- 25 また、図 2 8 と同じ配置でリフレクタを設ける場合であっても、偏光変換素子をダイクロイックプリズム 6 1 1 と画像表示素子 6 2

4～626との間、すなわち色分離された後の各色の光に対応させた3つの偏光変換素子（およびインテグレータ）を設ける場合には、上記のような偏光変換素子を適用することができ、この場合には、各色の光を色分解系要素610から色合形成要素620に導くための全反射ミラー612等を偏光変換素子の全反射ミラー531として兼用することができる。しかも、前記のように、ホログラム素子としてそれぞれの色の波長に合わせたものなどを用いることもできる。

なお、実際に色分離した後の各経路中に偏光変換素子を設けた場合にカラー合成された画像のスクリーン上での明るさは、偏光変換素子を用いない場合に比べて、30%程度増加させることができた。これは、上記のような透過型も、後述する反射型も概ね同様であった。このように、回折光学素子を用いた偏光変換はカラー表示に対しても有効である。

また、図23で示す構成において位相板の入射角度による偏光特性の依存性を補正するため、面内での位相板の厚さを変化するという手段を用いることも可能である。

（実施の形態B4-3）

前記実施の形態B4-2と類似した構成で、反射型の画像表示素子を用いてカラー画像を表示し得る3板方式の投射型の画像表示装置の例を説明する。

この画像表示装置は、図29（a）に示す色分解系要素610の下方に、図29（b）に示す色合成系要素630が設けられて構成されている。

上記色分解系要素610は、前記実施の形態B4-2で示したのと同じものが用いられている。一方、色合成系要素630は、実施

の形態 B 4 - 2 と比べて、

全反射ミラー 6 2 1 ~ 6 2 3 に代えて偏光ビームスプリッタ 6 3 1 ~ 6 3 3 が設けられている点と、透過型の画像表示素子 6 2 4 ~ 6 2 6 に代えて、反射型の画像表示素子 6 3 4 ~ 6 3 6 が設けられて
5 いる点が異なる。

上記偏光ビームスプリッタ 6 3 1 ~ 6 3 3 は、所定の偏光方向の光だけを反射するようになっているが、実際に色分解系要素 6 1 0 から導かれる光は、偏光変換素子によって偏光方向が揃えられた光なので、概ね全ての光が反射されて画像表示素子 6 3 4 ~ 6 3 6 に
10 入射する。画像表示素子 6 3 4 ~ 6 3 6 に入射した光は各色の表示画像に応じて偏光方向が変調されて反射され、再度偏光ビームスプリッタ 6 3 1 ~ 6 3 3 に入射し、所定の偏光方向の光だけが透過することにより、上記偏光方向の変調が輝度変調に変換されて可視化される。その後、実施の形態 B 4 - 2 と同様にダイクロイックミラ
15 - 6 3 7 で色合成が行われ、投射レンズ 6 2 8 によってスクリーン 6 2 9 に画像が投射される。

上記のような反射型の画像表示素子においても、やはりリフレクタ 5 3 4 から出力された光束の偏光方向を揃える偏光変換素子が設けられることにより、光利用効率を向上させて、明るい画像を表示
20 し得る画像表示装置を構成することができる。

また、この画像表示装置においても、前記実施の形態 B 4 - 2 で説明したような種々の変形が同様に可能である。

(実施の形態 B 5 - 1)

ホログラム素子を備えた画像表示装置の例を説明する。

25 画像表示装置は、図 3 0 に示すように、液晶素子 7 0 1 の両面に回折光学素子であるホログラム素子 7 0 2 , 7 0 3 が設けられ、こ

これらの背面側に、ランプ 704 a とリフレクタ 704 b とを有する光源 704 が設けられて構成されている。

ここで、以下の説明において、図面の紙面に平行な方向に偏光方向を有する光を P 偏光光、紙面に垂直な方向に偏光方向を有する光を S 偏光光とする。

上記光源 704 のランプ 704 a としては、例えば蛍光灯や、キセノンランプ、メタルハライドランプ、水銀ランプ、LED、FED、レーザー光、無機または有機 EL 素子等が利用できる。ランプ 704 a から発せられた光は、リフレクタ 704 b により略平行光として出射するようになっている。この光源光は、P 偏光光と S 偏光光とが含まれている。

上記液晶素子 701 としては、例えば光の入射面側と出射面側とで液晶分子の方向が 90° ねじれて構成されているツイストネマティック液晶が用いられる。この液晶素子 701 には、所定のパターンで形成された透明電極（不図示）が設けられており、各画素毎に、液晶に電圧を印加することができるようになっている。そこで、液晶に所定の十分な電圧（液晶を完全にスイッチングできるだけの電圧）が印加されている画素（ON）では、液晶分子のねじれが解け、光の入射面に対して液晶分子が等方的に立った状態（ホモオトロピック）になる。このため、その画素に P 偏光光が入射すると、偏光方向が変調を受けることなく、その偏光状態を維持したまま液晶素子 701 を通過する。一方、液晶に電圧が印加されていない画素（OFF）では、液晶分子は入射面から出射面までの厚さ方向において液晶分子の向きが 90° がねじれた状態となっている。そこで、その画素に P 偏光光が入射すると、その P 偏光光は液晶素子 701 を入射面から出射面までを通過する間に液晶のねじれに起

因するツイストネマティック効果によりその偏波面を 90° 回転させる。したがって、OFF画素を通過した後、S偏光光となって出射することになる。

また、上記ホログラム素子702, 703としては、例えば前記
5 実施の形態B1または実施の形態B2-1で示したのと同様のホログラム素子が用いられる。ここで、実施の形態B1のホログラム素子が用いられる場合には、ITO間に所定の電圧が印加された状態で用いられる。このホログラム素子702, 703は、前記のように偏光方向によって回折作用が異なり、また回折特性としては、所
10 定の1方向に高い回折効率を示す特性を有している。

具体的には、例えばホログラム素子702, 703に入射した光のうち、S偏光光は異常光成分として働くため、ホログラム素子702, 703内に形成された周期構造の屈折率分布により変調され、図30における上方に進行方向が曲げられて出射する。一方、
15 P偏光光は、ホログラム素子702, 703に対して常光成分として作用するため、ホログラム素子702, 703の周期構造からなる屈折率分布の影響を受けず、等方的な均一な屈折率の媒体を通過する場合と同様の挙動を示す。このため、P偏光光はホログラム素子702, 703をそのまま通過することになる。

20 そこで、光源704からのP偏光光とS偏光光とを含む光がホログラム素子702に入射すると、S偏光光は、上記のように回折されて液晶素子701にはほとんど入射せず、P偏光光だけがホログラム素子702を透過して液晶素子701に入射する。液晶素子701に入射したP偏光光は、上記のように、ON画素ではP偏光光
25 のまま出射する一方、OFF画素ではS偏光光に変換されて出射する。すなわち、液晶素子701から出射する光は、その通過位置の

画素の ON、OFF に応じて異なる偏光光になる。

上記液晶素子 701 から出射した光がホログラム素子 703 に入射すると、ホログラム素子 702 と同様に、S 偏光光は回折され、P 偏光光だけがそのまま直進する。すなわち、液晶素子 701 の各画素を通過した光は、画素の ON、OFF に応じてホログラム素子 703 から出射する方向が異なることになる。それゆえ、画像表示装置を表示面のほぼ法線方向から視認する観察者からは、OFF 画素を通過した光はホログラム素子 703 の回折作用により視野域の外側に出射するので視認されない一方、ON 画素を通過した光は、ホログラム素子 703 をそのまま直進して観察者の視野領域内に入り、明パターンとして視認される。

次に、実際に作製した画像表示装置の例について説明する。

この画像表示装置では、光源 704 としては、蛍光ランプにグリーンフィルタを通したものをを用い、 $0.55\mu\text{m}$ 程度の波長の光を出射するようにした。液晶素子 701 としては、3 インチ程度の VGA (640×480) の分解能を有するものを使用した。これに画像信号を入力し、表示画面のほぼ法線方向（正面）から観察したところ、液晶素子 701 に入力される画像信号に応じた画像を正しく視認することができた。コントラストは 10 : 1 程度であった。また、ホログラム素子 703 を通過した S 偏光光が回折する方向（図 30 における上方）に観察位置を移動させたところ、先の画像に対し明暗が反転した画像が視認された。以上のように屈折率異方性を有する光学媒体から構成された屈折率分布型のホログラム素子 702, 703 を液晶素子 701 を組み合わせて構成することにより、OFF 画素に対応して入射した光を遮断（吸収）することなく、観察者の視野領域外に出射させることによって、画像の表示を

行うことができ、視認性のよい画像表示装置を作製できる。しかも、偏光板を用いる場合のように光の吸収による発熱が生じることはない。

5 なお、各画素に印加する電圧を制御することにより、その電圧に応じて液晶を通過する光の偏光方向を上記 P 偏光光と S 偏光光との中間の状態、つまり楕円偏光のように設定することができる。このとき、ホログラム素子 703 に入射する光は各画素の印加電圧に応じて直進する成分と回折される成分とに分割されるため、中間調の表示も可能となる。

10 また、上記の例では、液晶素子 701 として、ツイストネマティックタイプのものについて説明を行ったが、入射光に対してその偏光方向を変調する作用を有するものであれば、いずれのタイプのものでよい。また、90°以上のねじれの角度を有するスーパーツイステッドネマティック (STN) 液晶も同様に利用可能である。

15 また、液晶分子がその厚さ方向に対して一様にホモジニアス配向しており、電界の印加に対してホメオトロピック配向になるものや、または、ホメオトロピック配向からホモジニアス配向へと変化するものなどのような VA (Vertical Align) モードの液晶を使用しても同様の効果を得ることができる。

20 さらに、電界の極性により液晶分子の配列の方向が異なる強誘電性液晶や反強誘電液晶等の利用も可能である。

 上記のような液晶素子 701 は、通常、液晶ディスプレイとして用いられている液晶パネルと同様のものである。従って、液晶素子に使用されている前後面の偏光板を本発明のホログラム素子 70

25 2, 703 と置き換えるだけで上記のような画像表示装置を構成でき、他の照明系や駆動系等はそのままの状態で適用することができ

るため非常に汎用性に優れている。

(実施の形態 B 5 - 2)

前記実施の形態 B 5 - 1 と同様のホログラム素子 7 0 2 , 7 0 3
を用いて、図 3 1 に示すような画像表示装置を構成した。すなわ
5 ち、光源 7 0 4 の配置をホログラム素子 7 0 2 の下側付近に配置
し、斜め側方から光を照射するいわゆるサイドライトの構成とし
た。なお、光源 7 0 4 は実施の形態 B 5 - 1 と同様に蛍光ランプに
グリーンフィルタを設けたものを用いた。他の構成については実
施の形態 B 5 - 1 と同様のものとした。

10 この画像表示装置では、光源 7 0 4 から出射した光のうち、P 偏
光光はホログラム素子 7 0 2 をそのまま透過し、液晶素子 7 0 1 に
は入射しない。また、S 偏光光はホログラム素子 7 0 2 で表示画面
に対して概ね 90° に曲げられて液晶素子 7 0 1 に入射する。液晶
素子 7 0 1 を通過する光は画素の印加信号に対応して偏光方向が変
15 調されもう 1 つのホログラム素子 7 0 3 に入射する。ここで、S 偏
光光は同図における上方に回折されて観察者の視域外へと出射され
る。P 偏光光はホログラム素子 7 0 3 をそのまま通過し、観察者によ
って視認されることになる。観察者の位置からホログラム素子 7
0 3 方向表示画面の法線方向からを観察した場合、入力される画像
20 信号に応じた画像が正しく視認された。また、観察者付近の位置か
らホログラム素子 7 0 2 , 7 0 3 を通して外界の風景を観察すること
も可能であった。以上のように、上記のように構成した画像表示
装置は、画像表示と外界の風景とを同時にまたは切り換えて視認す
25 ることが可能であり、いわゆるシースルータイプのディスプレイと
して利用可能である。

(実施の形態 B 5 - 3)

前記実施の形態 B 5 - 1 と同様の 1 枚のホログラム素子 7 0 2 を用いて、図 3 2 で示すような画像表示装置を構成した。すなわち、画像表示装置の内部に光源を持たず、自然光や室内光のような外部光を利用して画像を表示する構成とした。また、液晶素子 7 0 1 は
5 実施の形態 B 1 と同様のものを使用した。

以下に、この画像表示装置の表示原理について説明する。

まず、P 偏光光および S 偏光光を含んだ外部光 7 1 0 がホログラム素子 7 0 2 に入射すると、P 偏光光成分はホログラム素子 7 0 2 で変調されることなくそのまま透過し、液晶素子 7 0 1 にはほとんど入射しない。一方、S 偏光光はホログラム素子 7 0 2 で回折されて、概ね全ての光が液晶素子 7 0 1 に入射する。液晶素子 7 0 1 に入射した光は、各画素の領域を通過し、ミラー 7 1 1 により反射される。このミラー 7 1 1 は金属から構成されたものや誘電体多層膜から構成されたもの等が利用できる。実際に制作したものには、ガラス基板にアルミニウムを蒸着したものをを用いた。
10
15

ミラー 7 1 1 により反射された光は再び液晶素子 7 0 1 の各画素の領域を通過し、各画素に印加された電圧に応じて偏光方向が変調されて、ホログラム素子 7 0 2 に入射する。ホログラム素子 7 0 2 に入射した S 偏光光は、同図における上方に回折され、観察者の視野域の外に出射される。また、P 偏光光はホログラム素子 7 0 2 をそのまま透過するため観察者によって視認されることになり、液晶素子の各画素に印加された信号電圧に応じて画像が視認される。
20

実際に作製した上記のようなミラーを用いた反射型の画像表示装置を室内光の照明のもので観察したところ、明暗のパターンからなる画像が視認された。コントラストは 1 0 : 1 程度であった。室内光である白色光源を用いたが、色の滲み等による画質の劣化はほと
25

5 んどなかった。これは、復路においてホログラム素子 7 0 3 で回折される S 偏光光は波長により回折方向が異なることになるが、回折角を観察者の視域に比べて大きく設定すれば、認識領域外となり、波長による回折角の影響はほとんど問題とならないためと考えられる。

したがって、上記のように構成した外部光を用いる反射型の画像表示装置において明瞭に画像を認識することが可能であり、しかも内部のバックライトを必要としないため、低消費電力化および小型化に適している。

10 (実施の形態 B 5 - 4)

図 3 3 に示すように、実施の形態 B 5 - 1 と同様のホログラム素子 7 0 2 , 7 0 3 を用いて構成した外部光および内部光源の併用タイプの画像表示装置について説明する。

この画像表示装置では、ホログラム素子 7 0 2 , 7 0 3 は、実施
15 の形態 B 5 - 1 で示したものと同一のものであるが、ホログラム素子 7 0 2 は、実施の形態 B 5 - 1 と比べて、同一平面内で 9 0 ° 回転させた状態に配置されている。それゆえ、ホログラム素子 7 0 2 は、S 偏光光に対しては回折作用を示さず、P 偏光光に対して回折作用を有する。すなわち、ホログラム素子 7 0 2 , 7 0 3 は、P 偏
20 光光と S 偏光光とに対する偏光方向の依存性が逆となるように構成されている。なお、同様の機能は、図 1 8 に示すホログラム素子において、初期の液晶のホモジニアスの配向方向が 9 0 ° 異なるように配向処理することによっても、持たせることができる。すなわち、液晶分子の配列方向を入射光に対してどのように設定するかによ
25 って、何れの偏光光に対して回折作用を持たせるかを決定することができる。

液晶素子 701 は実施の形態 B5-1 で使用したものと同一である。また、ミラー 711 は実施の形態 B5-3 と同様のアルミニウムの蒸着によって形成されたものである。また、光源 704 は蛍光灯であり、白色光源として用いた。

- 5 ここで、図 33 において、実線の矢印は、外部光の伝搬を示し、一点鎖線の矢印は、光源 704 からの光の伝搬を示す。

以下、まず光源 704 からの光による表示動作について説明する。サイドライトとしてホログラム素子 702 の斜め側方に配置された光源 704 からの P 偏光光および S 偏光光を含んだ光は、ホログラム素子 702 により、S 偏光光が回折作用を受けずにそのまま透過し、P 偏光光は回折により概ね 90° 表示画面に対して概ね 90° の方向に曲げられて液晶素子 701 に入射する。

- 15 液晶素子 701 に入射した P 偏光光は液晶素子の各画素で変調を受け、偏光方向が変化しこれに伴いホログラム素子 703 の作用による進行方向が異なる。その結果として、観察者は入力された画像信号に対応した画像情報を視認することができる。

- 20 次に外部光 710 による表示動作について説明する。外部光 710 のうち、P 偏光光はホログラム素子 703 で変調を受けずそのまま透過し、液晶素子 701 には入射しない。S 偏光光については回折光学素子の回折作用により進行方向が曲げられ、液晶素子 701 に概ね入射する。液晶素子 701 の各画素を通過した S 偏光光はホログラム素子 702 に対しては回折作用を受けないため、そのまま透過しミラー 711 によって反射される。そして再びホログラム素子 702 を通過した後、液晶素子 701 の各画素に入射し、画素毎に偏光方向が変調されてホログラム素子 703 に入射する。ON 画素を通過した S 偏光光はホログラム素子 703 で回折され観察者の

視域外へと出射される。また、OFF画素を通過したP偏光光はホ
ログラム素子703をそのまま通過し観察者に明パターンとして認
識される。

ここで、光源704からの光と外部光とでは液晶素子のON、O
5 F Fに対応する明暗のパターンが反転することになる。これに対し
ては、光源の選択と対応させて映像信号のパターンの反転を行うこ
とで対処できる。

また、厳密には光源704からの光は液晶素子に対して1回の透
過だけなのに対し、外部光710はミラーにより反射されて往路と
10 復路の2回液晶素子を通過する。このため、液晶素子701での変
調割合が異なることになる。これについては、あらかじめ1回通過
と2回通過の変調度を見積もることができるので、光源の選択に応
じて映像信号を補正することで対処可能である。

上記のように、ホログラム素子702, 703の偏光依存性を異
15 なるように設定することで、透過モードと反射モードの両立を図る
ことができる。

実際に作製した画像表示装置を観察した結果、暗い部屋では光源
704を用いることによって明瞭に画像を視認することができ、明
るい照明光の元では光源704を点灯することなく画像の認識を行
20 うことができた。このように、この画像表示装置を用いれば、暗い
場所や明るい照明光の元など環境に応じて光源を選択することが可
能である。したがって、消費電力の効率化と多種の環境下での画像
の視認性を向上させることが可能である。

さらに、画像表示装置が使用される環境での照明光の明るさを検
25 出し、自動的に光源を選択または光源の強度を設定するような使い
方も可能であり、これにより、表示能力を一層向上させることが可

能である。

(実施の形態 B 5 - 5)

図 3 4 に、実施の形態 B 5 - 1 と同様のホログラム素子 7 0 2 ,
7 0 3 に、カラーフィルタ 7 2 1 を組み合わせて構成した画像表示
5 装置を示す。光源 7 0 4 としては蛍光灯をフィルタを通すこと
なく白色光として用いた。また、液晶素子 7 2 0 は、実施の形態 B
5 - 1 の液晶素子 7 2 0 と同様の構造を有しているが、3 倍の画素
密度を有し、カラーフィルタ 7 2 1 における赤 (R)、緑 (G)、
青 (B) の領域に対応した 3 つの画素が組になって、液晶素子 7 2
10 0 と同等の画素密度でカラー画像を表示し得るようになっている。

また、カラーフィルタ 7 2 1 は、液晶素子 7 2 0 の各画素に対応
する領域ごとに、それぞれ R、G、B の何れかの波長の光を選択的に
透過させ、他の波長の光を吸収するようになっている。

この画像表示装置では、光源 7 0 4 から出射した P 偏光光と S 偏
15 光光を含む光は、ホログラム素子 7 0 2 において S 偏光光が同図に
おける上方に回折される。それゆえ S 偏光光はカラーフィルタ 7 2
1 に入射することなく、P 偏光光のみがカラーフィルタ 7 2 1 に
入射する。

カラーフィルタ 7 2 1 を通過した、R、G、B の各波長に対応す
20 る光は、液晶素子 7 2 0 の各画素に入射する。そして、各画素の O
N、OFF に対応して偏光方向が変調される。この結果、ON 画素
を通過した光はホログラム素子 7 0 3 をそのまま通過し観察者に到
達する。また、OFF 画素を通過した光はホログラム素子 7 0 3 で
同図における上方に回折されるため、観察者の視野域外となり、観
25 察者にとっては光強度として認識されない暗パターンとなる。

図 3 4 では簡単化のため R、G、B に対応する各画素がすべて O

NとOFFの場合を示してあるが、それぞれの波長の光が入射する各画素に対し、印加する電界を独立に制御しホログラム素子703を通過させることにより、観察者にはR、G、Bのそれぞれの波長の光のうち、選択された色の光が到達することになるため、それぞれの組み合わせとしてのカラー画像の表示が可能になる。

ここで、各波長に対するホログラム素子703の波長分散の影響については、回折角を大きく設定し、回折角の小さい短波長の光でも観察者の視域外であるように設定すればよい。つまり、OFFに対応する画素を通過した各波長の光はいずれもホログラム素子703で観察者の視域外へと回折されるため光強度として認識されず、混色等の問題は生じない。

また、ON画素を通過した光は、通常、ホログラム素子703で回折作用を受けない。しかしながら、ホログラム素子703を形成する液晶材料が波長分散を持つ場合は波長によって $\Delta n = N_e - N_o$ が異なることがあり、素子内が等方的な媒質とみなせなくなる。この場合は、透過した各波長の光において角度差を生じることになり、観察者にとっては色のしみ等として視認されることになる。しかし、透過の場合であり、観察者のホログラム素子703からの距離があまり離れていなければ、大きな画質的な劣化は生じない。

実際に作製した画像表示装置にR、G、Bのカラー画像信号を入力し、ホログラム素子703から30cm程度離れて観察したところ、混色や色のしみ等はほとんどなく明瞭なカラー画像を観察することが可能であった。

また、ここでのカラーフィルタの組み合わせは図34の構成においてのみ使用されるものではなく、図32の反射タイプ、図33の透過と反射の兼用タイプ、また、これらの変更された構成において

も適用できることは言うまでもない。

(実施の形態 B 5 - 6)

前記実施の形態 B 5 - 5 の画像表示装置のホログラム素子 7 0 2 , 7 0 3 として、R (0 . 6 5 μ m) 、 G (0 . 5 5 μ m) 、 お
5 よび B (0 . 4 5 μ m) の各波長の光により多重露光を行って作製
したものを用いてもよい。以下、そのようなホログラム素子の作製
プロセスについて説明する。

まず、実施の形態 B 2 - 1 における図 1 8 のホログラム素子を作
製する場合と同様にして液晶サンプルを作製する。これを A r レー
10 ザを用いる光学系装置にセッティングし、まず第 1 の露光工程とし
て、G (0 . 5 5 μ m) の波長に対応する干渉縞により露光を行
う。次に、ミラー (反射ミラー) の角度を変化させ、前記の第 1 の
露光行程を繰り返し、R (0 . 6 5 μ m) の波長に対応する露光を
行う。さらに、B (0 . 4 5 μ m) に対応する干渉縞を同様にして
15 形成して露光を行う。その後、実施の形態 B 2 - 1 と同様にして均
一な光を液晶サンプルに照射する第 2 の露光行程を行うことで、干
渉縞が重畳されたホログラム素子を作製することができる。

上記のようにして作製したホログラム素子を図 3 4 のホログラム
素子 7 0 2 , 7 0 3 に代えて用い、液晶素子 7 0 1 にカラーの映像
20 信号を入力して、観察者の位置から観察したところ、ホログラム素
子が R 、 G 、 B の何れの波長に対しても最適化されているため、色
の滲みや混色等の問題もなく明瞭な画像を認識することができた。
さらに、観察位置を前後に 3 0 c m 程度移動させても画質の劣化等
の影響は生じなかった。

25 (実施の形態 B 5 - 7)

前記実施の形態 B 5 - 5 の画像表示装置のホログラム素子 7 0

2, 703として、それぞれR(0.65 μ m)、G(0.55 μ m)、またはB(0.45 μ m)の各波長の光により露光を行って作製した3枚のホログラム素子が積層されたものを用いてもよい。

上記のようなホログラム素子を図34のホログラム素子702、
5 703に代えて用い、液晶素子701にカラーの映像信号を入力して、観察者の位置から観察したところ、R、G、Bの各波長に対し、それぞれの層の回折光学素子により独立に回折作用が行われ、波長分散が緩和された。この結果、色の滲みや混色等の問題もなく明瞭な画像を認識することができた。さらに、観察位置を前後に3
10 0cm程度移動させても画質の劣化等の影響は生じなかった。

(実施の形態B5-8)

前記実施の形態B5-1等の画像表示装置は、画像表示兼用照明装置に適用することもできる。以下、トンネル内で道路交通情報の表示を行うとともに、トンネル内の照明を行うことができる装置
15 の例を説明する。

図35に示すように、画像表示装置731は、トンネルの壁面732に設置されている。この画像表示装置731は、例えば実施の形態B5-1で説明した画像表示装置と同様の構成を有し、ホログラム素子における回折光の出射方向が、トンネル内を走行する車両
20 733の進行方向に対向するように設置されている。すなわち、実施の形態B5-1においては、表示画面のほぼ法線方向(正面)から表示画像を視認する例を説明したが、表示動作が行われている際には、同時に回折光によって正面から視認される画像とは明暗が反転した画像が表示されている。そこで、画像表示装置に入力される
25 画像データとして、あらかじめ明暗を反転した画像データを入力することにより、回折光によって、表示画面の法線に対して傾いた方

向から視認することのできる画像を表示させることができる。

ここで、回折光の出射方向、すなわち回折光による表示画像の視認方向は、ホログラム素子の周期構造の傾きやピッチによって設定することができる。それゆえ、表示画像を斜め方向から視認が必要があるような種々の装置にこの表示装置を適用することができる。

また、回折光によって画像の表示を行う場合、逆に表示画面の法線方向には、ホログラム素子を透過した光が出射する。この出射光による画像は斜め方向からは視認できないが、夜間やトンネル内等での回りが暗い環境下では照明光としての役割を果たすことになるため照明装置としての利用が可能である。すなわち、画像表示装置と照明装置の両機能を併せもつ装置を構成することができる。このように画像表示装置と照明装置の機能を持たせることができるのは、通常の偏光子を用いた液晶ディスプレイでは画像表示に用いられない光は偏光子で吸収され、照明に用いることができないのに対し、上記のようにホログラム素子を用いた表示装置は、透過光と回折光とが原理的に等分に出射するからである。

本発明におけるホログラム素子 702, 703 により光を分割する構成での画像表示装置の特徴である。

なお、複数の画像表示装置 731 を壁面 732 に配置すれば、車両の進行位置に応じて観察者に画像情報が段階的に認識されるような使い方も可能であり、交通情報により注意を喚起したり、認識を容易に行わせるような場合に有効である。

実際に、図 35 のようなトンネル内での構造を模倣した実験室において画像表示装置 731 を配置して実験を行ったところ、観察者の位置の移動と共に視認し得る画像を表示させることができた。また、画像表示装置 731 の前面へ出射された光は暗い実験室内での

照明光としての役割をも併せて果たすことも確認された。

このような画像表示兼用照明装置は、トンネル内に限らず、通常の幹線道路や、高速道路での交通情報表示用および照明用にも適用可能であり、その他の特定方向に優先的に画像情報を表示する使用方に対して適用され得ることは言うまでもない。

(実施の形態 B 5 - 9)

前記実施の形態 B 5 - 1 と同様のホログラム素子を用いて構成された偏光変換素子を有する画像表示装置の例を説明する。

この画像表示装置には、実施の形態 B 5 - 1 のホログラム素子 7 0 2 に代えて、同一平面上に配置されたホログラム素子 7 4 1 ~ 7 4 4 が設けられている。また、ホログラム素子 7 4 3, 7 4 4 と液晶素子 7 0 1 との間には、位相差板 ($\lambda/2$ 板) 7 4 5, 7 4 6 が設けられている。光源 7 0 4 は、実施の形態 B 5 - 1 と同様に蛍光灯にグリーンのフィルタを通したものをを用いた。他の構成については実施の形態 B 5 - 1 と同様である。

この画像表示装置では、光源 7 0 4 から出射した光のうち、P 偏光光は回折光学素子 7 4 1, 7 4 2 をそのまま透過して液晶素子 7 0 1 に入射する。また、S 偏光光は、ホログラム素子 7 4 1, 7 4 2 概ね 90° の角度でほぼ横方向に回折され、それぞれ側方に配置されたホログラム素子 7 4 3, 7 4 4 に入射する。ホログラム素子 7 4 3, 7 4 4 に入射した光は、ホログラム素子 7 4 3, 7 4 4 でさらに概ね 90° の角度で回折される。ホログラム素子 7 4 3, 7 4 4 で回折された光は、位相差板 7 4 5, 7 4 6 によって偏波面が 90° 回転させられ、P 偏光光として液晶素子 7 0 1 に概ね垂直に入射する。

すなわち、ホログラム素子 7 4 1 ~ 7 4 4 および位相差板 7 4

5, 746によって偏光変換素子が構成され、光源704からの光は偏波面が揃った光波（この場合はP偏光光）として液晶素子701に入射することになる。それゆえ、光利用効率が高くなり（理論的に約2倍）、明るい画像を表示することができる。

- 5 また、光源704の照射領域を広げることにもなり、小さい面積の光源704からの光を照射領域を拡大して画像表示を行わせることも可能であり、システムの小型化、低消費電力化においても有効である。

- 10 液晶素子701を通過する光は画素の印加信号に対応して偏光方向が変調されもう1つのホログラム素子703に入射する。

ここで、S偏光光は紙面上方に回折され観察者の視域外へと出射される。

P偏光光はホログラム素子703をそのまま通過し、観察者によって認識されることになる。

- 15 観察者の位置からホログラム素子703方向を観察した場合、印加された入力信号に対応する画像が正しく認識された。

以上のように、ここで構成した画像表示装置は、光源からの光波の概ね全てを画像表示に有効に利用でき、照明領域も拡大することが可能である。

- 20 （実施の形態B5-10）

前記実施の形態B5-1と同様のホログラム素子を用いて構成された偏光変換素子を有する小型画像表示装置の他の例を説明する。

- 25 図37に本発明の実施の形態Bで構成した小型表示装置の概略を示す。光源704からの光波はホログラム素子751に横方向から入射し、P偏光光はこの回折光学素子により概ね90°回折され液晶素子701へと入射する。

観察者の位置からホログラム素子 7 0 3 方向を観察した場合、印
加された入力信号に対応する画像が正しく認識された。また、今回
0.9 インチの小型の液晶パネルを用いているにも関わらず、拡大
光学系 7 5 4 の作用により観察者にはホログラム素子 7 0 3 からの
5 距離により表示像が拡大されて明瞭に認識することが可能であっ
た。

図 3 7 に示すような構成はシステム全体の小型化が可能であり、
携帯情報端末用のマイクロディスプレイとして使用可能な非常に小
型の画像表示装置としての利用が期待される。

10 (実施の形態 B 6)

前記実施の形態 B 1 で示したホログラム素子を用いて構成される
画像表示装置について説明する。

画像表示装置の構成図を図 3 8 (a) に示す。この画像表示装置
においては、透過型液晶パネル 8 1 9 のバックライトユニットに本
15 発明に係るホログラム素子 8 2 0 を用いている。

光源 8 2 3 からの光束 8 2 4 は導光体 8 2 1 の端面から入射し、
導光体 8 2 1 を伝搬しつつ裏面に設置された本発明のホログラム素
子 8 2 0 によって液晶パネル 8 1 9 の基板の略法線方向に回折され
る。液晶パネル 8 1 9 に入射した光束 8 2 2 は変調され画像を表示
20 する。

尚、ホログラム素子 8 2 0 の裏面には反射ミラー 8 2 3 を設け、
ホログラム素子 8 2 0 を透過した光をさらに反射できる構成となっ
ており、例えばこの反射ミラー 8 2 3 に光を散乱せしめるドット
(不図示、従来例 7 の他多数開示されている公知技術)を形成する
25 ことが好ましい。

液晶パネル 8 1 9 としては、透過型であればよく、その駆動方

法、液晶材料を問わずあらゆる種類の液晶パネルを用いることができる。尚、外光の明るさに応じて透過型としても用いる反射型の液晶パネルであっても良い。

光源 8 2 3 としては、例えば C C F T を用いることができ、従来
5 例 8 をはじめとして多数開示されているように反射鏡 8 2 5 を設けても良い。導光体 8 2 1 としては主にアクリルなどの樹脂材料を用いることができ、例えば従来例 7、特開平 9 - 5 7 4 3 号公報等に多数開示されているように、楔型の形状とすることも可能である。

ホログラム素子 8 2 0 の基本的な機能は、ホログラム素子に入射
10 した無偏光な光束 8 2 4 の中で特定の偏光成分を、液晶パネル 8 1 9 の略法線方向に、かつ特定の立体角内に選択的に回折せしめるもので、電圧の有無によりホログラム素子として機能したり、単なる等方的な媒体として機能する。

すなわち図 3 9 (a)、(b) に示したように、例えば電圧無印
15 加時にホログラム素子として機能し、電圧印加時に等方媒体として機能せしめることができる。ホログラム素子として機能せしめる場合には、本発明に係るホログラム素子 8 2 0 は、無偏光な入射光束 8 2 4 の中で特定の偏光成分のみを液晶パネルの略法線方向に、かつ特定の立体角内に選択的に回折する。

20 その際、液晶パネルが偏光型、すなわち特定の偏光光のみを変調する方式であって、光入射側に偏光板（不図示）を設けている場合には、該偏光板の偏光方向（偏光子が透過する偏光光の電界ベクトルの振動方向）と、ホログラム素子が選択的に回折する偏光光の偏光方向（電界ベクトルの振動方向）を概ね一致させることで、初め
25 て高い効率を実現できる。

一方、電圧を印加することで本発明のホログラム素子 8 2 0 は略

等方的媒質となり、入射光束 8 2 4 はホログラム素子 8 2 0 を透過し、その裏面に設けられた反射ミラー 8 2 3 により散乱された光束が液晶パネル 8 1 9 に入射する。この場合における液晶パネル 8 1 9 の出力光束は、従来のバックライトにより照明された場合と同様に
5 反射ミラー 8 2 3 に設けられたドットによってほぼ一様に拡散される。

このように、本発明のホログラム素子 8 2 0 を用いた画像表示装置にあっては、電圧を印加しない場合には照明光を略法線方向の狭い立体角内に回折せしめるため、液晶パネル 8 1 9 を正面から観察
10 する際の輝度を極めて高くすることができ、さらに電圧印加によって、正面から観察する際の輝度は落ちるが広い視野角を確保することができる。

本発明のようにホログラム素子を液晶パネルのバックライトユニットに用い、かつ回折光に指向性を持たせて、正面から見る場合
15 (液晶パネルの法線方向から眺める場合) の輝度を高くする例は、例えば従来例 7 ~ 従来例 1 0 等多数開示されているが、上記例にあってはホログラム素子は入射光を常に回折するという単一の機能を有するのみであり、本発明のホログラム素子 8 2 0 のように視野角を切り替えられるものではない。

20 また、従来例 1、従来例 2 では、スイッチング可能なホログラム素子の開示がなされているが、液晶パネルのバックライトとしての具体的利用については何ら開示されてはいない。前述のように、液晶パネルの偏光板の偏光方向と、ホログラム素子により選択的に回折される光の偏光方向を一致させることで、初めて高い効率を実現
25 できるのである。

本発明の画像表示装置が有する画像の明るさ、視野角を切り替え

ることができる機能は、例えば据え置き型、ノート型を問わずパーソナルコンピュータや携帯型情報端末のディスプレイとして用いる場合に極めて貴重な機能である。

すなわち、個人で画像を見る場合には、視野角（画像を視認することができる範囲と等価な意味）がむやみに広い必要はなく、作業時などの像観察時に必要なある限られた範囲で十分である。本発明によれば正面から画像を観察する作業者の方向に概ね画像を出力することになるので、ランプの消費電力を小さくすることができる。

それに対して、多人数で画像を観察する場合には、逆に視野角は広い方が望ましい。それゆえ本発明のように個人で画像を観察する場合と、多人数で像を観察する場合とで視野角を変えられる機能が重要となる。但し、厳密には視野角が変えられるのではなく、本発明のホログラム素子 820 は、ある特定の狭い立体角内に反射される光束の量を、印加電圧によって制御できることを意味する。

次に、本実施の形態 B で用いるホログラム素子の作製方法について説明する。

本実施の形態 B で用いるホログラム素子 820 は、実施の形態 B 1 および 4-1 で説明したように、ITO 501 を形成した 2 枚のガラス基板 502 で作製されたセルに光硬化型液晶として例えば UV キュアラブル液晶と非重合性液晶の混合物を注入し、2 光束干渉稿を照明することで作製できる。

但し、参照光を光束が入射する角度で、物体光を基板に略垂直に入射せしめることが特徴である。また、その際電圧を印加した状態で 2 光束干渉露光を行うことにより、例えば図 39 に示したような所望の干渉稿が形成され、干渉稿の強度の強い部分に UV キュアラブル液晶が、強度の弱い部分に非重合性液晶が分離され本発明のホ

ログラム素子 820 が作製される。

実際に作製する場合には、物体光、参照光ともに平面波である必要はなく、例えば物体光として特定の立体角内に広がる光束を、参照光として導光体 21 を伝搬しホログラム素子に入射する光束とほぼ等しい角度範囲から入射する光束を用いることが好ましい。

また、上記構成において、例えば本発明に係るホログラム素子 820 の ITO501 をバターンニングしておき、領域毎に印加電圧を異ならしめて屈折率異方性を局所的に制御することもできる。それによって局所的にホログラム素子 820 の効率の最適化を図ることも可能である。また例えば、従来例 7 に開示されているようにホログラム素子を微小なモザイク状に配列し、入射光波長および入射角に対して最大効率を示すように個々の微小ホログラム素子を最適化してもよい。

また、図 38 (b) に示したように本発明に係るホログラム素子 820 と、反射ミラー 823 の間に入射板 27 を設け、かつ反射ミラー 823 をホログラム素子 820 と平行ではなく、例えば約 5° 傾けて配置することにより、本発明に係るホログラム素子 820 に例えば電圧を印加せず、異常光線を選択的に回折せしめるモードにおいて、該ホログラム素子 820 を透過する常光線 828 を異常光線に変換して再度ホログラム素子 820 に入射せしめることができる。

その際、反射ミラー 823 を傾けて設置しているので、該ホログラム素子 820 の角度依存性によって反射ミラー 823 からの反射光束 829 はホログラム素子 820 を透過し、ホログラム素子 820 により反射された光束 822 と同一の偏光光（この場合は P 偏光光）として液晶パネル 819 に入射することができ、光利用効率を

以上述べたように、本実施の形態Ｂで構成した画像表示装置は、本発明に係るホログラム素子８２０への印加電圧を調節することにより、光束が特定の立体角内に出力される量を制御することができる。それにより、必要に応じて視野角は狭いが明るい画像表示と、若干暗くなるが広い視野角を選択することが可能となる。

本実施の形態 B で構成した画像表示装置は、据え置き型、ノート型のパーソナルコンピュータのディスプレイとしてだけではなく、携帯型情報端末、携帯型通信機器の表示用ディスプレイ、車載用のヘッドアップディスプレイとして用いることが可能である。

本発明の実施の形態 B 7 として構成された本発明に係る画像表示装置について説明する。本実施の形態 B の画像表示装置は、いわゆる従来からある直視型の液晶パネルであるが、液晶材料として光硬化型液晶と非重合性液晶の混合物に画素ピッチと同等の格子状の光（波長は該光硬化性液晶を硬化せしめる波長）を照明し、光誘起相分離現象により、各画素を囲むマイクロセル構造を形成している。

20 上記マイクロセル構成により液晶領域内で液晶分子が、自己配向力により、光硬化反応で安定化せしめた軸対称状に配向され、広い視野角および高コントラストを実現できる。

次に従来例と本実施の形態 B に係る画像表示装置との違いについて述べる。上記マイクロセルによる視野角改善および高コントラストが実現できる効果は、例えば従来例 6 に開示されているが、従来例 6 では、単に光硬化性樹脂と液晶の混合物に、格子状の光（波長

は該光硬化性樹脂を硬化せしめる波長)を照明し、光誘起相分離現象により、各画素を囲むマイクロセル構造を形成しているだけで、光硬化性樹脂の屈折率異方性に関しては何ら記載していない。

一般に光硬化樹脂は僅かではあるが複屈折を有し、若干の屈折率異方性を発現する。それゆえ、黒を表示する際に垂直入射の光束に対してはコントラストがよいが、斜めに入射する光束に対しては格子の部分の不連続な領域として目立ち、均一性が悪いという欠点があった。

しかしながら本実施の形態Bの画像表示装置では、黒を表示する際の非重合性液晶の配向と同一の配向状態で光硬化型液晶を硬化せしめ、かつ該光硬化型液晶の光学的異方性を非重合性液晶の光学的異方性と略等しくするため、黒表示の際にマイクロセルの部分が目立ったり、コントラストの低下を抑制することができ、極めて均一な画像を表示することができた。

15 (実施の形態B8-1)

図40に本発明の実施の形態B8-1で構成した、前記実施の形態B2-1で示した体積ホログラム素子を用いた光情報処理装置の概略を示す。偏光を放射する半導体レーザ901より放射する光は、体積ホログラム素子521をそのまま通過し、結像レンズ904により1/4波長板905を介して光記憶媒体906上に集光される。この場合、体積ホログラム素子521を通過するレーザ光は回折を受けることはなく半導体レーザ901からの出射光は、ほぼ全て光記憶媒体906上に集光される。

次に、光記憶媒体906で反射された光は、再度1/4波長板905を通過し結像レンズ904により収束される。この時、反射光は前記1/4波長板を2回通過することになるため、その偏光方向

は、半導体レーザー 901 から出射されたときに対し、 90° 偏光方向が回転する。従って、今回は反射光は体積ホログラム素子 521 に形成されている所定波面に応じて回折作用を受け、光検出器 902 上に収束されることになる。

5 ここで光検出器 902 上の分割された領域毎に光信号が検出され、焦点ずれ、トラッキングずれ、及び前記光記憶媒体に記録された情報の信号の検出が行われる。この時、光検出器 902 に導かれる光量は、体積ホログラム素子 521 の往路での偏光分離による光利用効率及び復路での回折効率でほぼ決定される。

10 本発明の体積ホログラム素子 521 の原理及び構造を図 41 及び図 42 に示す。図 41 は一軸性の光学結晶の屈折率楕円体を示している。図 41 (a) は光軸が Y 方向にある場合の屈折率楕円体を示すものである。この時、Y-Z 平面に偏光方向が存在する光に対しては異常光線となり N_e の屈折率を示す。また、X-Z 平面に偏光
15 方向が存在する光に対しては常光線となり、 N_o の屈折率を示す。

図 41 (b) は一軸性の光学結晶の光軸が Y 方向から 90° 傾いた場合の屈折率楕円体を示している。この場合、Y-Z 平面に偏光方向が存在する光に対しては N_o の屈折率を示し、X-Z 平面に偏光方向が存在する光に対しても N_o の屈折率を示すことになる。

20 又、光軸が (a) と (b) の中間状態では Y-Z 平面に偏光方向が存在する光に対して、光軸の傾斜の状態に対応して N_e と N_o ($N_e > N_o$) の屈折率の中間値をとることになる。一方、X-Z 平面に偏光方向が存在する光に対しては、光軸の傾きに関わらず常に N_o の屈折率を示す。

25 以上のように屈折率異方性を有する光学媒体に対しては、入射する偏光方向に対し、 N_e から N_o の範囲の屈折率分布を有する場合

と光軸の傾きに関わらず N_o だけの屈折率分布を示す場合が存在する。

図 18 は体積ホログラム素子の断面構成を示す図である。この素子内部は、光の入射する表面から、厚さ方向に対し傾斜した周期的な層構造を有している。そして、隣合う層間では屈折率異方性を有する光学媒体の光軸の傾きが、1 つは体積ホログラム素子 521 の表面に平行となるように配列しており、もう 1 つは表面に対して垂直方向に配列している。

ここで、この体積ホログラム素子 521 に図 18 の紙面に対して垂直方向に偏光方向を有する光を常光線、紙面と平行方向に偏光方向を有する光を異常光線として、これらの光が体積ホログラム素子 521 に入射したときの振る舞いについて考える。

まず、常光線が入射した場合、図 41 の $X-Z$ 平面に偏光方向を有する光が入射した場合と同様の取り扱いとなるため、各層を構成する光学媒体の光軸の向きに関わらず、各層での屈折率は N_o となる。つまり、屈折率が N_o の一様な媒体が存在するのと等しいため、これに入射する常光線は回折の作用を受けず、図 18 に図示したようにそのまま透過することになる。

次に異常光線が入射する場合について考える。屈折率異方性を有する光学媒体の光軸が入射面と平行に配列している層においては、入射光の偏光方向が光軸と平行となる。これは、図 41 の $Y-Z$ 平面に偏光方向を有する光が (a) の Y 方向に光軸が存在する光学媒体に入射する場合に相当し、 N_e の屈折率を有する層を通過することになる。

また、体積ホログラム素子 521 の入射面に対し光学媒体の光軸が垂直方向である層に対しては、図 41 の (b) に対して $Y-Z$ 平

面に偏光方向を有する光が入射する場合に相当するので、この層は
N o の屈折率を有するものとして取り扱われる。

従って、異常光線に対しては体積ホログラム素子 5 2 1 は、その
入射光の進行方向である厚さ方向において屈折率が周期的に異なる
5 複数の層を通過することになる。この結果、入射光線はこの層の傾
斜角度と周期のピッチに対応する特定の方向に光が集光される、い
わゆるブラッグの回折作用を受けることになる。

図 1 8 に示したように、異常光線は体積ホログラム素子 5 2 1 を
通過後、素子の内部に形成された層構造に対応して光路を変化する
10 ことになる。

以上のように図 4 0 の光情報処理装置の構成における体積ホログ
ラム素子 5 2 1 に対し、半導体レーザ 9 0 1 から出射する光の偏光
方向を図 1 8 で示す常光線に対応するように設定する。この時、半
導体レーザ 9 0 1 からの出射光は体積ホログラム素子 5 2 1 によっ
15 て、変調を受けることなく結像レンズ 9 0 4 により 1 / 4 波長板を
介して光記憶媒体 9 0 6 に集光される。

ここで反射された光は、再度 1 / 4 波長板を通過し、結像レンズ
9 0 4 を経て体積ホログラム素子 5 2 1 に入射する。この時、偏光
方向が往路に対して 9 0 ° 回転しているため、図 1 8 で示す異常光
20 線の場合に相当する。従って、体積ホログラム素子 5 2 1 の内部に
形成された層構造に相当する周期的な屈折率分布に対応して特定方
向、この場合では光検出器 9 0 2 上に集光されることになる。

図 1 8 で示すような厚さ方向に周期構造を有するように構成する
ことで、ブラッグの回折条件が適用されることになる。これは、あ
25 る波長を有する光が周期構造を形成する各層に入射した場合、各層
で散乱された光はその波長と入射角度及び層間のピッチに対応する

特定方向に散乱成分が強め合う現象を生じる。

これが、ブラッグの回折条件と呼ばれるものであり、このような条件は従来の２次元的な回折光学素子に対し、３次元的な構成となり、ブレイズ化（１つの方向に光を収束する）の作用を有することになる。

従って、従来の回折光学素子に対し、回折効率を飛躍的に向上することができ理論的には１００％の効率が可能である。実際、中途での損失等を考慮に入れても９０％以上の効率が期待できる。これに対し、前述したようなバイナリからなる回折光学素子で図４０に示すようなホログラム素子を構成すると、回折波は０次を含み左右対称に高次まで回折されることになる。この結果、１次の方向への回折効率は最高でも４０％程度と素子を通過する全光量に対する割合としては１／２以下の低い値となる。

本発明における体積ホログラム素子５２１を用いて光情報処理装置を構成すれば、光記憶媒体９０６からの反射光を光検出器９０２にほぼ全て集光することができるため、光強度の低下によるＳ／Ｎ比の低下といった問題を生じることはない。更に、体積ホログラム素子５２１の回折効率が高いため、半導体レーザへの戻り光量もほとんどない。従って、半導体レーザ９０１への光強度の帰還による光源であるレーザの発振の不安定性といった問題も生じなくなる。

図１８では体積ホログラム素子５２１を構成する光学媒体の光軸が隣り合う層間で９０°傾斜した屈折率差の最も大きい場合を示したが、この角度を任意に設定することで屈折率差を N_e から N_o の中間値に設定することも可能である。

また、これを利用した屈折率分布を選択することにより回折効率を調整し、光検出器９０２に対して検出光強度及びパターンを任意

に設定することも可能である。

又、体積ホログラム素子 5 2 1 の領域をいくつかに分割し、それぞれ回折する方向をずらして光検出器 9 0 2 の異なった領域に光信号を受光させ、焦点ずれ、トラッキングずれといった各種の情報の
5 検出を効率的に行うような構成も可能である。

さらに、半導体レーザ 9 0 1 を複数個異なった波長で使用し、光情報の書き込みだけでなく、記録も同時に行うような構成の場合、それぞれの光波長に合わせて異なった周期構造、角度等を有する層構造を体積ホログラム素子 5 2 1 内に重畳して記録することも可能
10 である。

(実施の形態 B 8 - 2)

本発明における光情報処理装置に使用する回折光学素子の製造方法を図 4 2 を用いて説明する。

A r レーザ 9 1 1 からの 3 6 0 n m 前後の波長の出射光は、開閉
15 式のメカニカルシャッタ 9 1 2 を介してビームエキスパンダ 9 1 3 によって直径 3 0 m m ~ 5 0 m m 程度のビームに広げられる。そしてビームスプリッタ 9 1 5 により 2 方向に分割され、ミラー 9 0 6 により体積ホログラム素子 5 2 1 上に形成する干渉縞の構造に対応する角度で照射される。またビームスプリッタ 9 1 5 で分割された
20 うちの一方の光束にはシャッタ 4 0 5 が配置されている。

次に、体積ホログラム素子 5 2 1 のセルの作製プロセスについて説明する。

ガラス基板上に透明導電性電極として、例えば I T O を形成したものを 2 枚用意した。そして、これらの基板をダストを除去するために洗浄した後、高分子からなる配向膜、例えばポリイミドをスピ
25 ンコート法等により塗布し、加熱処理を行うことなどで配向膜を基

板上に形成する。

この後、ローラ等により特定方向にラビング処理を施し、一方の基板の周辺にシールの印刷を行い、もう一方の基板に直径 $5\ \mu\text{m}$ ~ $20\ \mu\text{m}$ 程度のビーズを分散させる。この2枚の基板をラビング方向が互いに対になるように張り合わせ空のセルを構成した。

屈折率異方性を有する光学媒体としては液晶を用い、ここで作製した空セルに対し注入を行った。今回使用した液晶は正の誘電異方性を有するものであるが、負の誘電異方性を有するものを使用することも可能である。

10 光重合性液晶モノマーまたは光架橋可能液晶ポリマー等が含まれており、 $360\ \text{nm}$ 前後の紫外領域の波長の光照射により液晶は硬化し液晶分子の方向が固定化される特性を有している。注入は室温で大気雰囲気の中で行ったが、高温 $40\ ^\circ\text{C}$ ~ $60\ ^\circ\text{C}$ 程度、また真空雰囲気での注入を行ってもよい。液晶を注入後のセルに対し注入口及び脱気口付近を封止剤により密閉し、液晶サンプルは完成した。

15 以上のようにして作製した液晶サンプルを図42で示す光学系の中の体積ホログラム素子521の作製位置にセッティングした。初めにシャッタ912及び405を開いた状態で、サンプル位置には、 $1\ \mu\text{m}$ ピッチ程度の干渉縞が形成されるように調整した。この時のミラー906による2光束の集光角度は 15° ~ 45° 程度であり、Arレーザの照射強度は $50\ \text{mW}$ ~ $100\ \text{mW}$ 程度である。

20 次に液晶サンプルに対してレーザにより干渉縞を形成するプロセスについて説明する。まず、シャッタ912を閉じ、シャッタ405を開いた状態で液晶サンプルをセッティングする。そして、シャッタ912を所定の時間、ここでは1分間程度開放した後閉じる。

これが第一の工程であり、この過程により液晶サンプルにはレー

5 ザの2光束の干渉により形成されている干渉縞の強度の高い明部に
属する領域の液晶の硬化が行われ、液晶分子が初期に配向された方
向に分子軸が固定化される。ここでは、正の誘電異方性を有する液
晶を用いているため、初期にはガラス基板に平行な方向に液晶分子
10 は一様に配向しており、この状態が保存されることになる。一方、
干渉縞の暗部に属する領域では光強度が明部に比べ低いため、この
第一の工程では液晶分子の硬化はほとんど促進されない。

次に、第二の工程として液晶サンプルの2枚のガラス基板の内側
に形成された透明導電性電極としてのITO電極間に5 (V/ μ
10 m) 程度の交流電界を印加する。この電界印加により干渉縞の暗部
に属する領域の未硬化の液晶分子はガラス基板に対して垂直に立つ
方向に傾斜する。この時の傾斜の角度は、印加する電界に比例する
ため電界の大きさを調整することで所望の傾斜角度、つまり屈折率
差を与えることができる。

15 前記のように電圧を印加した状態でシャッタ405を閉じ、干渉
縞を形成しない一様な強度分布の光を体積ホログラム素子521の
全面に5分間程度照射し、未硬化の暗部の領域の液晶含んだ全体を
完全に硬化させる。

20 以上のような第一と第二の工程を行うことで、図18で示したよ
うな構造を有する体積ホログラム素子521を作製した。この素子
の回折効率をHe-Neレーザを用い入射する偏光方向を変化させ
て測定した。常光線に対する透過率は98%前後であり、高い透過
率を有していた。また、異常光線に対する1次の方向への回折効率
は90%程度であり良好な結果が得られた。従って、ここで作製し
25 た体積ホログラム素子は高い偏光分離特性及び回折効率を有してお
り情報処理装置に使用される回折光学素子として有望であることが

判明した。

(実施の形態 B 8 - 3)

対向する 2 枚のガラス基板を用い、これに対し配向膜形成から実施の形態 B 8 - 2 と同様のプロセスを行い、液晶サンプルを試作した。このサンプルを図 4 2 に示す光学システムにセッティングし、
5 第一の工程として干渉縞の明部の露光を行った。

次に、第二の工程として暗部の縞に属する領域の液晶分子の配向方向を初期位置から変化させるため、図 4 2 で示す体積ホログラムサンプル 5 2 1 に対し磁界を印加するための設定を行った。具体的
10 には超伝導マグネットにより液晶サンプル周りに磁場を形成した。

液晶は誘電異方性を有するため、電界と同様磁界の印加によっても液晶分子の分子軸を変化させることが可能である。前記のような磁場の印加により暗部の領域の液晶分子をガラス基板に対し垂直に立つ方向に変化させる。そして、この状態で、実施の形態 B 8 - 2
15 と同様にシャッタ 4 0 5 を閉じ、均一な光照射を液晶サンプルに行うことでパネル全体の硬化を行った。

磁界印加を用いた場合、液晶サンプルは透明導電性電極としての I T O 等の形成が不要となるため、このプロセスが省略され構成が簡単でより安価な作製が可能である。更に、ガラス、I T O 界面での屈折率差による反射光の影響が除去されるため、透過率が高くなり回折光学素子としての機能も向上することになる。
20

以上のようなプロセスで作製した体積ホログラム素子の偏光方向に対する回折効率を実施の形態 B 8 - 2 と同様の手法で測定した。この結果、回折効率としては 9 0 % 以上の性能を有しており、磁界
25 印加による方法によっても液晶分子方向の制御を適切に行うことができることが判明した。

(実施の形態 B 8 - 4)

ガラス基板に配向膜を塗布する工程から実施の形態 B 8 - 3 と同様に液晶サンプルの試作を行った。本実施の形態 B では、配向膜としてポリビニルシンナメート (PVCi) を用い、またローララビングの工程を省略した。このサンプルを図 4 2 における光学システムにセッティングした。今回、このシステムにおいてビームエキスパンダ 9 1 3 の直後に偏光子を設け、レーザ光の直線偏光成分のみを用いる構成とした。

まず、第一の工程として干渉縞の明部に属する領域の露光を実施の形態 B 8 - 2 と同様にして行った。この時、干渉縞パターンはレーザ光の直線偏光成分のみから成り立っている。高分子膜に光源として直線偏光を照射した場合、ランダムに配向している高分子の中からその主鎖 (又は側鎖) を偏光方向に向けている分子が主に光を吸収し光反応を起こし、その膜に光学異方性が発現する。高分子材料等において、その高分子の光反応過程 (光異性化、光重合、光分解) が照射される光の偏光方向とその高分子のなす角度によって制御できる。

従って、ここで干渉縞を構成する紫外領域の光の偏光方向を制御することにより、液晶の分子の配向方向がガラス基板に対し平行方向となるような設定を行った。

次に第二の工程では、前記の偏光子の直後に 1 / 2 波長板を置き、レーザ光の偏光方向を 9 0 ° 回転させた。そして、シャッタ 4 0 5 を閉じ、第一の工程における偏光方向と直交する方向に偏光方向を有する均一な光を液晶サンプルに照射した。暗部に属する領域では明部に対し、偏光方向が 9 0 ° 回転した光が照射されるため、液晶分子の配向方向が第一の工程の位置から変化して固定化され

る。

5 以上のプロセスによって干渉縞の明部と暗部に対応する層に液晶分子の方向が異なる周期構造を形成することが可能になる。この場合、光照射によって液晶分子の配向を行うため、干渉縞の露光と併せて行うことが可能となり作製プロセスを簡略化できる。更に、ローラによるラビング法に対し、非接触で行うことができ、ダスト等の混入を防止し、信頼性の高い製造プロセス技術を確立でき、大量生産などにも安定して対応可能となる。

10 ここで作製した体積ホログラム素子 5 2 1 の回折効率を実施の形態 B 8 - 2、3 と同様の方法で評価した。この結果、回折効率としては 7 0 % 程度であり、若干回折効率が低下するものの 5 0 % 以上の効率が得られており、三次元的な周期構造が形成された回折光学素子が作製されたことが明らかとなった。

15 また、配向膜としての P V C i を塗布した後、セルを組み立てる以前に特定の偏光方向を有する紫外領域の波長の光照射を行う過程を、液晶分子の配向性の改良のために導入してもよい。

(実施の形態 B 8 - 5)

20 実施の形態 B 8 - 2 と同様なプロセスを用い、液晶サンプルの試作を行った。今回はサンプルの半分の領域にマスクをし、図 4 2 に示す光学システムにセッティングした。そして、実施の形態 B 8 - 2 と同様に第一と第二の工程を行ってマスクのない領域に体積ホログラムを作製した。

25 次に、図 4 2 に示すミラー 9 1 6 の角度を変化させることで、2 光束のビーム角度を 5 ° 程度変化した。そして、先のサンプルのマスク部分を取り除き、この部分に対して第一と第二の工程を繰り返し行い、体積ホログラムを作製した。

以上のようにして作製した体積ホログラム素子 5 2 1 を評価した結果、素子の全面への異常光線の照射に対し異なった 2 つの角度方向に光が回折された。

また、この時のそれぞれの回折効率は 9 0 % 程度であり、複数の領域に異なった層構造を良好に作製できることが判明した。これを図 4 0 の構成に適用すれば、体積ホログラム素子 5 2 1 により 2 方向に分割されるため、光検出器 9 0 2 上の異なった領域で信号検出が 1 度に行われ、焦点ずれ、トラッキングずれ等の信号検出を効率よく行うことができる。

10 (実施の形態 B 8 - 6)

実施の形態 B 8 - 2 と同様にして液晶サンプルを作製した。これを図 4 2 に示す光学システムに導入し第一の工程を行うことで、干渉縞の明部に属する領域の露光を行った。ここで、ミラー 9 1 6 の角度を 5 ° 程度変化させ、異なる周期の干渉縞を形成し、この状態で前記の第一の工程を繰り返し明部の領域の露光を行った。

次に実施の形態 B 8 - 2 と同様にシャッタ 4 0 5 を閉じ、均一な光を体積ホログラム素子 5 2 1 に照射する第二の工程を行うことで体積ホログラム素子を作製した。

以上のようにして作製した体積ホログラム素子 5 2 1 の評価を行った。異常光線を用い、回折効率測定用のレーザの角度を 2 回の干渉縞の露光に対応する方向に設定して、異なる角度でそれぞれ測定した。回折効率としてはそれぞれ 2 つの場合で 7 5 % ~ 8 0 % 程度であった。干渉縞を重畳して形成することで多少回折効率が単独の場合に比べ減少しているが、これは液晶サンプルの厚さを厚く調整すること等でも改良は可能と考えられる。一方、常光線に対しては、実施の形態 B 8 - 2 と同様 9 8 % 程度の透過率を有していた。

以上のように体積ホログラム素子 5 2 1 を干渉縞を重畳して作製することが可能であった。これは異なった波長をもつ複数のレーザを用いて光読み出し、記録を行う光情報処理装置において有効であると考えられる。

- 5 以上のように本実施の形態 B では、屈折率異方性を有する光学媒体により光情報処理装置に使用される回折光学素子の構成及びその製造方法について説明した。

- 10 屈折率異方性を有する光学媒体としては、ニオブ酸リチウム、 KD_2PO_4 、 $\beta-BaB_2O_4$ 、PLZT 等の電気光学効果等を有する一軸性の結晶を用いることも可能であり、また、 $KTiPO_4$ 等の二軸性の光学結晶等も含め屈折率異方性を有する媒体を用いることにより効果を発揮することも可能である。

尚、記録専用または読み出し専用の装置としても用いることができることは言うまでもない。

15

産業上の利用可能性

以上に説明したように、本発明によれば、発光体の大きなランプの出力光束を小さな発光体からの出力光束に変換することができるので、照明光学系の集光効率を飛躍的に向上させることができる。

- 20 さらに、発光体の大きさに起因する集光光学系の収差の影響により発生していたインテグレータ及び偏光変換素子の集光効率、もしくは偏光変換効率のロスをも最小限に抑えることが可能となり、均一で、明るい（投射効率の高い）画像を表示できる。

- 25 また、以上のように本発明によれば、入射光を回折／直進の切り替え可能で、かつ直進せしめる際に斜めに入射する異常光線の回折が極めて小さいホログラム素子を提供することができる。また、本

発明のホログラム素子を用いて、安価で、高効率な偏光分離機能を実現し、それを用いて効率の高い画像表示を構成することができる。

さらに、本発明のホログラム素子を用いて、視野角は狭いが明るい画像表示と、正面からの明るさは暗くなるが視野角の広い画像表示を必要に応じて随時切り替え可能な直視型の画像表示装置を構成することができる。

したがって、本発明は、そのような画像表示装置等の分野において利用でき、有用である。

10

表 1

	屈折率差 $\Delta n(Ne-No)$	平均屈折率 $Ne-No/2$	格子ピッチ (μm)	回折格子厚さ (μm)	入射波長 (μm)	ブラッグ角 ($^{\circ}$)
$\eta 1$	0.083	1.593	1.323	10	0.55	12
$\eta 2$	0.145	1.591	1.323	10	0.55	12

請 求 の 範 囲

(1) 材料の組成の異なる複数の領域を有し、

前記複数の領域は、少なくとも特定の波長により硬化しかつ屈折
5 率異方性を有する光硬化型液晶からなる第1の領域と、

該波長によって非硬化な液晶（以下、非重合性液晶と略記する）
からなる第2の領域から形成され、

前記光硬化型液晶の硬化後の常光線に対する屈折率及び異常光線
に対する屈折率が前記非重合性液晶の常光線に対する屈折率及び異
10 常光線に対する屈折率と各々略等しいことを特徴とするホログラム
素子。

(2) 前記非重合性液晶に対する印加電圧により、非重合性液晶の
スイッチング状態を制御することで入射する異常光線に対する第2
15 の領域の屈折率を制御することを特徴とする請求項1に記載のホロ
グラム素子。

(3) 前記光硬化型液晶と前記非重合性液晶を略均一に混合せしめ
てなる混合液晶を、特定の間隔を設けて配置された2枚の平行平板
20 状のガラス基板間に注入し、前記光硬化型液晶を硬化せしめる波長
のレーザ光で前記注入された混合液晶を干渉露光せしめることによ
って、前記複数の領域を形成することを特徴とする請求項1に記載
のホログラム素子の製造方法。

25 (4) 少なくとも請求項1または2記載のホログラム素子と、
前記ホログラム素子を照明する照明手段と、

前記ホログラム素子の出力光束を変調することで画像を表示する
画像表示手段とを具備することを特徴とする画像表示装置。

(5) 前記ホログラム素子は、無偏光である入射光束の中から特定
5 の偏光成分の射出角のみを選択的に変化せしめることを特徴とする
請求項4に記載の画像表示装置。

(6) 前記ホログラム素子は前記照明手段からの入射光の中で特定
の偏光成分(以下、第1の偏光成分と略記する)を前記画像表示手
10 段の略法線方向に回折せしめる機能を有し、前記ホログラム素子は
前記第2の領域に対する印加電圧を制御することにより前記機能を
制御することを特徴とする請求項4に記載の画像表示装置。

(7) 前記画像表示手段が、特定の偏光成分(以下、第2の偏光成
15 分と略記する)のみ変調する機能を有しており、かつ前記ホログラ
ム素子によって選択的に回折される前記第1の偏光成分と前記第2
の偏光成分の電界ベクトルの振動する方向が略等しいことを特徴と
する請求項4に記載の画像表示装置。

(8) 前記ホログラム素子の裏面に入/4波長板と反射ミラーを備
20 えており、前記反射ミラーの設置角度は前記ホログラム素子に対し
て少なくとも 5° 以上であることを特徴とする請求項4に記載の画
像表示装置。

(9) 少なくとも各画素毎に硬化された光硬化型液晶で囲まれたマ
25 イクロセル構造を有し、

かつ前記マイクロセル内に非重合性液晶を具備し、
かつ前記光硬化型液晶の硬化後の常光線に対する屈折率及び異常
光線に対する屈折率が前記非重合性液晶の常光線に対する屈折率及
び異常光線に対する屈折率と各々略等しいことを特徴とする画像表
5 示装置。

(10) 少なくとも、入射光束に対して偏光異方性を有し、
概ね第1の偏光成分のみ選択的に回折せしめる平板状の第1及び
第2のホログラム素子からなり、
10 前記第1のホログラム素子に入射する入射光束と光軸のなす角 θ
0と、
前記入射光束が前記第1のホログラム素子により回折された第1
の出力光束が光軸となす角度 $\theta 1$ と、
前記第1の出力光束が前記第2のホログラム素子に入射後回折さ
15 れて出力される第2の光束が光軸となす角度 $\theta 2$ が下式の
$$|\theta 1 - \theta 2| > 20$$
$$|\theta 0 - \theta 2| < 15$$

を満足することを特徴とする偏光分離素子。

20 (11) 前記偏光分離素子は、ガラス基板によりホログラム材料を
挟持して構成されてなることを特徴とする請求項1記載の偏光分離
素子。

(12) 前記ホログラム材料は、UV硬化型液晶であることを特徴
25 とする請求項1記載の偏光分離素子。

(13) 前記ホログラム材料が、特定領域の波長に対して感度を有するフォトリソマーと液晶ポリマーとの混合物であることを特徴とする請求項1記載の偏光分離素子。

- 5 (14) 少なくとも、偏光型画像表示手段と、前記偏光型画像表示手段を照明する照明手段を備えた投写型画像表示装置であって、

前記偏光型画像表示手段は、該偏光型画像表示手段に入射する前記照明手段からの照明光の中で特定の偏光成分を変調し出力することによって画像を表示し、

- 10 前記照明手段は、少なくとも発光手段と、前記発光手段の出力光束を集光する第1の集光手段と、前記偏光分離素子と、複数の微小レンズを2次元にアレイ状に配置してなる第1及び第2の蠅の目レンズから構成されるインテグレータを具備しており、

- 前記偏光分離素子は第1の蠅の目レンズと第1の集光手段の間に
15 配置され、入射光束の中で第1の偏光成分を回折せしめ前記第2の光束として出力し、第1の偏光成分と直交する偏光方向を有する第2の偏光成分を概ね回折せずに第3の光束として出力し、

- 前記第1の蠅の目レンズを構成する第1の微小レンズ群の各レンズは第2の蠅の目レンズを構成する第2の微小レンズ群の中で対応
20 する微小レンズに発光手段の像を結像せしめ、

かつ前記第2の光束もしくは第3の光束が結像する位置に偏光方向を略90°回転せしめる偏波面回転手段を具備することを特徴とする投写型画像表示装置。

- 25 (15) 互いにほぼ平行に配置され、それぞれ互いにほぼ等しい所定の偏光成分を選択的に回折させる平板状の第1および第2のホロ

グラム素子を備え、

上記第 1 のホログラム素子に入射し、上記第 1 および上記第 2 のホログラム素子により回折されて上記第 2 のホログラム素子から出射する回折光束と、

- 5 上記第 1 のホログラム素子に入射し、上記第 1 および上記第 2 のホログラム素子を透過して上記第 2 のホログラム素子から出射する透過光束とのなす角度が 0° を越え、かつ、 15° 未満であるとともに、

- 10 上記第 1 のホログラム素子に入射し、上記第 1 および第 2 のホログラム素子により回折される光束における、それぞれのホログラム素子に入射する光束とそれぞれのホログラム素子により回折された光束とのなす角度が、それぞれ 20° を越えることを特徴とする偏光分離素子。

- 15 (16) 請求項 1 の偏光分離素子であって、

上記第 1 および第 2 のホログラム素子は、1 対のガラス基板間にホログラム材料が配置されて構成されていることを特徴とする偏光分離素子。

- 20 (17) 請求項 2 の偏光分離素子であって、

上記ホログラム材料は、紫外線硬化型液晶が硬化してなることを特徴とする偏光分離素子。

(18) 請求項 2 の偏光分離素子であって、

- 25 上記ホログラム材料は、所定領域の波長の光の照射に対して硬化性を有するフォトリソマーと液晶ポリマーとの混合物が硬化してな

ることを特徴とする偏光分離素子。

(1 9) 発光手段と

入射した光束における互いに異なる方向の偏光成分の光路を異な
5 らせる偏光分離素子と、

上記偏光分離手段から出射する上記回折光束、および透過光束を
それぞれ互いに異なる第 1 および第 2 の位置に集光させる集光手段
と、

上記第 1 および第 2 の位置の何れか一方に、入射した偏光成分の
10 偏光方向を回転させる偏波面回転手段とを備えた画像表示装置であ
って、

上記偏光分離手段は、

互いにほぼ平行に配置され、それぞれ互いにほぼ等しい所定の偏
光成分を選択的に回折させる平板状の第 1 および第 2 のホログラム
15 素子を備え、

上記第 1 のホログラム素子に入射し、上記第 1 および上記第 2 の
ホログラム素子により回折されて上記第 2 のホログラム素子から出
射する回折光束と、

上記第 1 のホログラム素子に入射し、上記第 1 および上記第 2 の
20 ホログラム素子を透過して上記第 2 のホログラム素子から出射する
透過光束とのなす角度が 0° を越え、かつ、 15° 未満であること
ともに、

上記第 1 のホログラム素子に入射し、上記第 1 および第 2 のホロ
グラム素子により回折される光束における、それぞれのホログラム
25 素子に入射する光束とそれぞれのホログラム素子により回折された
光束とのなす角度が、それぞれ 20° を越えるものであることを特

徴とする偏光分離素子。

(20) 請求項5の画像表示装置であって、さらに、

それぞれ複数の微小レンズが配列されて成る第1および第2の蠅
の目レンズを有するとともに上記第1の蠅の目レンズを構成する各
5 微小レンズが上記第2の蠅の目レンズを構成する微小レンズにおけ
る対応する微小レンズに上記発光手段の像を結像させるインテグレ
ータを備え、

上記集光手段は、上記インテグレータの第1の蠅の目レンズであ
ることを特徴とする画像表示装置。

10 (21) 請求項5の画像表示装置であって、

上記回折光束と上記透過光束とは互いに偏光方向が直交する光束
であって、

上記偏波面回転手段は、入射した光束の偏光方向をほぼ90°回
転させることを特徴とする画像表示装置。

15

(22) 光源と屈折率異方性を有する回折光学素子とこれに隣接し
て配置された全反射ミラーとを少なくとも具備し、

前記光源からの出射光の1方向の偏波成分(P波もしくはS波)
は、前記回折光学素子を透過し前記反射ミラーにより反射され、再
20 び前記回折光学素子を通過して出射し、

前記出射光に対し概ね直交する成分(S波もしくはP波)は前記
回折光学素子の回折作用により伝搬方向を変化して出射する時、前
記回折光学素子からの回折波と前記全反射ミラーからの反射波との
伝搬方向が概ね同じであって相対的な出射角度が異なるように前記
25 回折光学素子の所定波面が形成されていることを特徴とする偏光照
明装置。

(2 3) 光源と

屈折率異方性を有する回折光学素子と

これに隣接して配置された全反射ミラーと

- 5 前記全反射ミラーからの反射光の偏光方向を出射時の光の偏光方向に対して概ね直角方向に回転させるため、回折光学素子への光路中に配置された位相板を少なくとも具備し、

- 前記光源からの出射光の 1 方向の偏波成分 (P 波もしくは S 波) は、前記回折光学素子を透過し前記反射ミラーにより反射され、前
10 記位相板及び前記回折光学素子を通過して出射し、

- 前記出射光に対し概ね直交する成分 (S 波もしくは P 波) は前記回折光学素子の回折作用により伝搬方向を変化して出射する時、前記回折光学素子からの回折波と前記全反射ミラーからの反射波との伝搬方向が概ね等しく略平行光束となるように前記回折光学素子の
15 所定波面が形成されていることを特徴とする偏光照明装置。

(2 4) 前記回折光学素子からの回折波と前記全反射ミラーにより反射されて出射した光波との偏光方向が概ね等しいことを特徴とする請求項 2 記載の偏光照明装置。

20

(2 5) 前記回折光学素子は前記全反射ミラーにより反射され、位相板を通過した光波を概ね透過することを特徴とする請求項 2 記載の偏光照明装置。

- 25 (2 6) 光源と

屈折率異方性を有する 1 組の回折光学素子と

入射する光波の偏光方向を概ね直角方向に回転させるための位相板を少なくとも構成要素とし、

前記光源からの出射光は一方の回折光学素子に入射し、

偏波成分（P波もしくはS波）毎に透過または回折され、

5 回折波は他方の回折光学素子に入射してさらに回折されて出射し、

1組の回折光学素子の透過波または回折波のいずれか一方の光路中に位相板が配置された構成において、

1組の回折光学素子により透過または回折された後の光束が略平行
10 行光束となるように1組の回折光学素子が配置されていることを特徴とする偏光照明装置。

（27）前記1組の回折光学素子の光波の入射面が互いに概ね平行であり且つ前記光源からの出射光の光軸に垂直な面に対し、前記1
15 組の回折光学素子の傾き角が 45° 以下であることを特徴とする請求項5記載の偏光照明装置。

（28）前記1組の回折光学素子から出射された略平行光束の偏光方向が概ね等しいことを特徴とする請求項5記載の偏光照明装置。
20

（29）光源からの出射光を偏波成分（P波もしくはS波）毎に透過または回折する回折光学素子と

前記回折波をさらに回折するもう1つの回折光学素子の組と、

前記1組の回折光学素子の透過波または回折波のいずれか一方の
25 光路中に配置された位相板とが1つの構成単位である時、

前記1組の回折光学素子と位相板からなる構成単位が複数隣接し

て並んで配置されていることを特徴とする偏光照明装置。

(30) 前記複数の構成単位から出射された光束が略平行光束であ
って且つ偏光方向が概ね揃っていることを特徴とする請求項8記載
5 の偏光照明装置。

(31) 前記位相板は入射する光波の偏光方向を概ね直角方向に回
転させる機能を有することを特徴とする請求項8記載の偏光照明装
置。

10

(32) 前記複数の構成単位を形成する前記1組の回折光学素子の
光波の入射面が互いに概ね平行であり且つ

前記光源からの出射光の光軸に垂直な面に対し前記1組の回折光
学素子の傾き角が 45° 以下であることを特徴とする請求項8記載
15 の偏光照明装置。

(33) 前記回折光学素子は屈折率異方性を有する光学媒体を用い
て周期構造が形成されており、

入射光の1方向の偏波成分(P波もしくはS波)に対し前記周期
20 構造に対応した屈折率分布を生じ、

この屈折率差により光の回折を生じ且つ

前記入射光に対し概ね直交する成分(S波もしくはP波)に対し
ては優先的に直進する機能を有していることを特徴とする請求項
1、2、5、8のいずれかに記載の偏光照明装置。

25

(34) 前記回折光学素子の周期構造が屈折率異方性を有する光学

媒体の光軸の傾斜により形成されていることを特徴とする請求項 1
2 記載の偏光照明装置。

(35) 前記回折光学素子が一様に配列された液晶を含んで構成さ
5 れ、且つ

光重合性モノマーまたは光架橋可能液晶ポリマーが添加され、
紫外領域の光照射に対し、液晶の分子軸の方向が固定化されるこ
とを特徴とする請求項 1 2 記載の偏光照明装置。

10 (36) 前記回折光学素子は異なった複数の周期構造が重畳して形
成された構造を含むことを特徴とする請求項 1、2、5、8 のいず
れかに記載の偏光照明装置。

(37) 前記回折光学素子は複数の異なった周期構造の回折光学素
15 子の積層構造を含むことを特徴とする請求項 1、2、5、8 のいず
れかに記載の偏光照明装置。

(38) 請求項 1、2、5、8 のいずれかに記載の偏光照明装置に
複数のレンズを配置して構成される第 1 レンズアレイと前記第 1 レ
20 ンズアレイと対をなす第 2 レンズアレイとライトバルブと前記ライ
トバルブ上の光学像を拡大投写する投写光学系とを少なくとも組み
合わせて構成したことを特徴とする投写型表示装置。

(39) 光源からの光束を概ね R (赤)、G (緑)、B (青) に対
25 応する波長が異なる 3 つの光束に色分解し、

前記波長が異なる光束に対して異なった形成波面を有する回折光

学素子を用いて請求項 1、2、5、8 のいずれかに記載の偏光照明装置を構成し、

これに複数のレンズを配置して構成される第 1 レンズアレイと
前記第 1 レンズアレイと対をなす第 2 レンズアレイと

5 ライトバルブと

前記ライトバルブ上の光学像を拡大投写する投写光学系とを少なくとも組み合わせて構成したことを特徴とする投写型表示装置。

(40) 光源と

10 画素を形成すべくパターニングされた透明導電性電極を具備した対向する 2 枚の透明絶縁性基板で挟まれた液晶層を有する液晶素子と

液晶素子の両側に配置された回折光学素子と
を少なくとも含んで構成され、

15 光源からの出射光は一方の回折光学素子に入射し回折され、
前記回折光学素子への入射光量の概ね $1/2$ が液晶素子に入射し、

前記液晶素子の各画素毎に変調され、

前記変調度に応じて他方の回折光学素子を通過後の光の伝搬方向
20 が異なる作用により画像表示を行うことを特徴とする画像表示装置。

(41) 画素を形成すべくパターニングされた透明導電性電極を具備した対向する 2 枚の透明絶縁性基板で挟まれた液晶層を有する液晶素子と
25

液晶素子の片側に配置されたミラー及び回折光学素子とを少なく

とも含んで構成され、

外部光による前記回折光学素子への入射光が回折され、

前記液晶素子を通過し、前記ミラーにより反射され再び液晶素子を通過することで液晶素子の各画素毎に変調され、

- 5 前記変調度に応じて前記回折光学素子を出射後の光の伝搬方向が異なる作用により画像表示を行うことを特徴とする画像表示装置。

(42) 光源と

- 10 画素を形成すべくパターンニングされた透明導電性電極を具備した対向する2枚の透明絶縁性基板で挟まれた液晶層を有する液晶素子と

液晶素子の片側に配置されたミラーと

液晶素子の両側に配置された回折光学素子と

を少なくとも含んで構成され、

- 15 光源からの出射光は一方の回折光学素子に入射し回折され、前記回折光学素子への入射光量の概ね $1/2$ が液晶素子に入射し、前記液晶素子の各画素毎に変調され、

前記変調度に応じて他方の回折光学素子を通過後の光の伝搬方向が異なる作用により画像表示が行われ、また、

- 20 外部光による前記回折光学素子への入射光が回折され、前記液晶素子を通過し、前記ミラーにより反射され再び液晶素子を通過することで液晶素子の各画素毎に変調され、

前記変調度に応じて前記回折光学素子を出射後の光の伝搬方向が異なる作用により画像表示が行われる構成において、

- 25 内部に配置された前記光源と外部光とを選択的に切り換えて画像表示を行うことを特徴とする画像表示装置。

(43) 前記回折光学素子は屈折率異方性を有する光学媒体を用いて周期構造が形成されており、入射光の1方向の偏波成分(P波もしくはS波)に対し前記周期構造に対応した屈折率分布を生じ、この屈折率差により光の回折を生じ且つ前記入射光に対し概ね直交する成分(S波もしくはP波)に対しては優先的に直進する機能を有していることを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載の画像表示装置。

10 (44) 前記回折光学素子の一方は入射光の偏波成分のP波を回折し、S波を優先的に直進する機能を有し、前記回折光学素子の他方はS波を回折し、P波を優先的に直進する機能を有することを特徴とする請求項3～4のいずれかに記載の画像表示装置。

15 (45) 前記回折光学素子の周期構造が屈折率異方性を有する光学媒体の光軸の傾斜により形成されていることを特徴とする請求項4に記載の画像表示装置。

20 (46) 前記回折光学素子が一様に配列された液晶を含んで構成され、且つ光重合性モノマーまたは光架橋可能液晶ポリマーが添加され、紫外領域の光照射に対し、液晶の分子軸の方向が固定化されることを特徴とする請求項4に記載の画像表示装置。

25 (47) 前記液晶層に形成された各画素に印加する電界を制御することで、各画素への入射光の変調が行われることを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載の画像表示装置。

(48) 前記回折光学素子は異なった複数の周期構造が重畳して形成された構造を含むことを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載の画像表示装置。

5

(49) 前記回折光学素子は複数の異なった周期構造の回折光学素子の積層構造を含むことを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載の画像表示装置。

10 (50) 請求項1～3のいずれかに記載の画像表示装置において前記液晶素子の片側に赤(R)、緑(G)、青(B)からなるカラーフィルタを組み合わせ構成したことを特徴とする画像表示装置。

(51) 請求項1、3、10のいずれかに記載の画像表示装置において、前記回折格子からの出射光を概ね2つの方向に分割し、一方
15 を画像表示用に他方を照明光用として用いる構成としたことを特徴とする画像表示装置及び照明装置。

(52) 光源と画素を形成すべくパターン化された透明導電性電極を具備した対向する2枚の透明絶縁性基板で挟まれた液晶層を有する
20 液晶素子と液晶素子の一方の側に屈折率異方性を有する回折光学素子と入射する光波の偏光方向を概ね直角方向に回転させるための位相板とを有し、更に液晶素子の他方の側に配置された屈折率異方性を有する回折光学素子とを少なくとも含んで構成され、前記光源からの出射光は前記回折光学素子と位相板により概ね等しい偏波成分
25 (P波もしくはS波)に変換され液晶素子に入射し、前記液晶素子の各画素毎に変調され、前記変調度に応じて他方の回折光学素子を

通過後の光の伝搬方向が異なる作用により画像表示を行うことを特徴とする画像表示装置。

5 (53) 請求項 1, 2, 3, 11, 12, 13 のいずれかに記載の画像表示装置に前記画像表示装置からの光学像を拡大表示する拡大光学系を少なくとも組み合わせて小型画像表示装置を構成したことを特徴とする小型画像表示装置。

10 (54) 印加される電圧に応じて、入射した光の偏光方向を変調する液晶素子と、

上記液晶素子の両面側にそれぞれ配置され、所定の偏光成分を選択的に回折させる一方、上記所定の偏光成分と偏光方向が直交する偏光成分を透過させる第 1 および第 2 の 1 対の回折光学素子とを備えたことを特徴とする画像表示装置。

(55) 請求項 1 の画像表示装置であって、

上記第 1 の回折光学素子は、外方側から入射する光束のうち、透過した偏光成分または回折した偏光成分のうちの何れか一方を上記液晶素子に入射させる一方、

20 上記第 2 の回折光学素子は、上記液晶素子から出射した光束における上記第 2 の回折光学素子を透過する偏光成分と上記回折光学素子によって回折される偏光成分とを、互いに異なる方向に出射させるように構成されていることを特徴とする画像表示装置。

(56) 請求項 2 の画像表示装置であって、

25 さらに、光源を備え、

上記第 1 の回折光学素子は、上記光源からの光束における上記回

折光学素子を透過した偏光成分を上記液晶素子に入射させるように構成されていることを特徴とする画像表示装置。

(57) 請求項2の画像表示装置であって、

さらに、上記第1の回折光学素子の法線方向に配置された光源を
5 備え、

上記第1の回折光学素子は、上記光源からの光束における上記回折光学素子を透過した偏光成分を上記液晶素子に入射させるように構成されていることを特徴とする画像表示装置。

(58) 請求項2の画像表示装置であって、

10 さらに、上記第1の回折光学素子の法線方向から傾いた方向に配置された光源を備え、

上記第1の回折光学素子は、上記光源からの光束における上記第1の回折光学素子により回折された偏光成分を上記液晶素子に入射させるように構成されていることを特徴とする画像表示装置。

15 (59) 請求項2の画像表示装置であって、さらに、

上記第1の回折光学素子の外方側に所定の間隔を空けて設けられた反射手段と、

上記第1の回折光学素子と上記反射手段との間隔を介して、上記回折光学素子の法線から傾いた方向から上記回折光学手段に光束を
20 入射させる光源とを備え、

上記第1の回折光学素子は、上記光源から入射する光束における上記第1の回折光学素子により回折された偏光成分、および上記反射手段から入射する上記第1の回折光学素子を透過する偏光成分を上記液晶素子に入射させるように構成されていることを特徴とする
25 画像表示装置。

(60) 印加される電圧に応じて、入射した光の偏光方向を変調す

る液晶素子と、

上記液晶素子の一方面側に配置され、所定の偏光成分を選択的に回折させる一方、上記所定の偏光成分と偏光方向が直交する偏光成分を透過させる回折光学素子と、

- 5 上記液晶素子の他方面側に配置された反射手段とを備えたことを備えたことを特徴とする画像表示装置。

(61) 請求項1ないし請求項7の画像表示装置であって、

- 前記回折光学素子は屈折率異方性を有する光学媒体を用いて周期構造が形成されており、入射光におけるP波およびS波のうちの何
10 れか一方の偏波成分に対し前記周期構造に対応した屈折率差を生じ、上記屈折率差により光の回折を生じ且つ前記入射光に対し概ね直交する成分に対しては優先的に直進する機能を有していることを特徴とする画像表示装置。

(62) 請求項1ないし請求項7の画像表示装置であって、

- 15 前記回折光学素子の一方は入射光の偏波成分のP波を回折し、S波を優先的に直進する機能を有し、前記回折光学素子の他方はS波を回折し、P波を優先的に直進する機能を有することを特徴とする画像表示装置。

(63) 請求項8の画像表示装置であって、

- 20 前記回折光学素子の周期構造が屈折率異方性を有する光学媒体の光軸の傾斜により形成されていることを特徴とする画像表示装置。

(64) 請求項8の画像表示装置であって、

- 前記回折光学素子が一様に配列された液晶を含んで構成され、且つ光重合性モノマーまたは光架橋可能液晶ポリマーが添加され、紫
25 外領域の光照射に対し、液晶の分子軸の方向が固定化されることを特徴とする画像表示装置。

(6 5) 請求項 1 ないし請求項 7 の画像表示装置であって、

前記回折光学素子は異なった複数の周期構造が重畳して形成された構造を含むことを特徴とする画像表示装置。

(6 6) 請求項 1 ないし請求項 7 の画像表示装置であって、

5 前記回折光学素子は複数の異なった周期構造の回折光学素子の積層構造を含むことを特徴とする画像表示装置。

(6 7) 請求項 1 ないし請求項 7 の画像表示装置であって、

さらに、前記液晶素子の何れか一方側に赤、緑、および青の領域が形成されたカラーフィルタを備えたことを特徴とする画像表示
10 装置。

(6 8) 請求項 1 ないし請求項 7 の画像表示装置であって、さらに、

表示画像を拡大表示する拡大光学手段を備えたことを特徴とする画像表示装置。

15 (6 9) 光源と画素を形成すべくパターンニングされた透明導電性電極を具備した対向する 2 枚の透明絶縁性基板で挟まれた液晶層を有する液晶素子と液晶素子の一方の側に屈折率異方性を有する回折光学素子と入射する光波の偏光方向を概ね直角方向に回転させるための位相板とを有し、更に液晶素子の他方の側に配置された屈折率異
20 方性を有する回折光学素子とを少なくとも含んで構成され、前記光源からの出射光は前記回折光学素子と位相板により概ね等しい偏波成分 (P 波もしくは S 波) に変換され液晶素子に入射し、前記液晶素子の各画素毎に変調され、前記変調度に応じて他方の回折光学素子を通過後の光の伝搬方向が異なる作用により画像表示を行うこと
25 を特徴とする画像表示装置。

(7 0) 偏光を放射するレーザ、前記レーザから出射するレーザ光を光記憶媒体上に収束するための光学レンズ、前記光記憶媒体によって反射されるレーザ光の偏光方向を出射時の光の偏光方向に対して概ね直角方向に回転させるための位相板、前記反射光の光路中に
5 配置され所定波面を生成する回折光学素子、及び前記回折光学素子で回折される光を検出するための受光素子を少なくとも構成要素とする光情報処理装置に使用される回折光学素子であって、前記回折光学素子が屈折率異方性を有する光学媒体を用いて形成されており、且つ前記光記憶媒体によって反射され、前記回折光学素子を透過
10 過後のレーザ光の全光量に対し 1 次の方向に回折される光量の割合が概ね $1/2$ 以上となるように所定波面が形成されていることを特徴とする回折光学素子。

(7 1) 厚さ方向に周期的構造を有し入射光の 1 方向の偏波成分に対し前記周期構造に対応した屈折率分布を生じ、この屈折率差により光の回折を生ぜしめ、且つ前記入射光の偏波成分に対し直交する成分に対しては優先的に直進させる機能を有することを特徴とする請求項 1 記載の回折光学素子。

20 (7 2) 厚さ方向に周期的構造を有し、前記周期的構造が屈折率異方性を有する光学媒体の光軸の傾斜により形成されていることを特徴とする請求項 2 記載の回折光学素子。

(7 3) 一様に配列された液晶を含んで構成され、且つ光重合性液晶モノマーまたは光架橋可能液晶ポリマーが添加され、紫外領域の
25 光照射に対し、液晶の分子軸の方向が固定化されることを特徴とする

る請求項 2 記載の回折光学素子。

(74) 前記回折光学素子に入射するレーザの放射光の偏光方向が屈折率異方性を有する光学媒体の光軸と概ね平行または垂直であることを特徴とする請求項 1 記載の回折光学素子。

(75) 対向する 2 枚の透明導電性電極を具備した透明絶縁性基板で挟まれた領域に屈折率異方性を有する光学媒体が封入され、前記透明導電性電極上には高分子からなる配向処理が施された薄膜が形成された構造を有する回折光学素子の製造方法であって、紫外の波長域の 2 分割された光を前記回折光学素子上において干渉させ、周期的な強度分布に対応する明部と暗部からなる干渉縞を生ぜしめ、干渉縞の明部に属する領域の光学媒体の光軸を初期配向された方向に固定化する第一の工程と、前記透明導電性電極間に電界を印加し、前記干渉縞の暗部に属する領域の光学媒体の光軸を初期配向された方向から移動させた状態で、前記回折光学素子の全面に均一な紫外領域の光照射を行うことで光軸方向を固定化する第二の工程を含むことを特徴とする回折光学素子の製造方法。

(76) 前記回折光学素子に印加される電界は、正極と負極が交互に生じる交流電界からなることを特徴とする請求項 6 記載の回折光学素子の製造方法。

(77) 対向する 2 枚の透明絶縁性基板で挟まれた領域に屈折率異方性を有する光学媒体が封入され、前記透明絶縁性基板上には高分子からなる配向処理が施された薄膜が形成された構造を有する回折

光学素子の製造方法であって、

- 紫外の波長域の 2 分割された光を前記回折光学素子上において干渉させ、周期的な強度分布に対応する明部と暗部からなる干渉縞を生ぜしめ、干渉縞の明部に属する領域の光学媒体の光軸を初期配向
- 5 された方向に固定化する第一の工程と、前記透明絶縁性基板間に磁界を印加し、前記干渉縞の暗部に属する領域の光学媒体の光軸を初期配向された方向から移動させた状態で、前記回折光学素子の全面に均一な紫外領域の光照射を行うことで光軸方向を固定化する第二の工程を含むことを特徴とする回折光学素子の製造方法。

10

(78) 対向する 2 枚の透明絶縁性基板で挟まれた領域に屈折率異方性を有する光学媒体が封入され、透明絶縁性基板には高分子からなる薄膜が形成された構造を有する回折光学素子の製造方法であって、

- 15 1 方向の偏波成分を有する紫外の波長域の 2 分割された光を前記回折光学素子上において干渉させ、周期的な強度分布に対応する明部と暗部からなる干渉縞を生ぜしめ、干渉縞の明部に属する領域の光学媒体の光軸を前記偏波成分の偏光方向に依存する一様な方向に配列し固定化する第一の工程と、前記回折光学素子の全面に前記偏
- 20 波成分に対して概ね直交する方向に偏光方向を有する均一な紫外領域の光照射を行うことで、前記光学媒体の光軸方向を初期位置から移動し固定化する第二の工程を含むことを特徴とする回折光学素子の製造方法。

- 25 (79) 前記屈折率異方性を有する光学媒体が一様に配列された液晶を含んで構成され、且つ光重合性液晶モノマーまたは光架橋可能

液晶ポリマーが添加されていることを特徴とする請求項 6、8、9
のいずれかに記載の回折光学素子の製造方法。

(80) 前記回折光学素子に照射される干渉縞は He-Cd レーザ
5 または Ar レーザからなる可干渉性の高い光源であって、300 nm
から 400 nm の範囲の波長領域であることを特徴とする請求項
6、8、9 のいずれかに記載の回折光学素子の製造方法。

(81) 前記回折光学素子への光照射による周期構造の形成が前記
10 回折光学素子表面の分割された領域毎に複数回行われることを特徴
とする請求項 6、8、9 のいずれかに記載の回折光学素子の製造方
法。

(82) 前記回折光学素子への光照射を複数回行うことにより、回
15 折光学素子内に異なった周期構造が重畳して形成されることを特徴
とする請求項 6、8、9 のいずれかに記載の回折光学素子の製造方
法。

(83) 少なくとも、画像表示手段と、前記画像表示手段を照明
する照明手段を備え、前記画像表示手段は、該画像表示手段に入射
20 する前記照明手段からの照明光を変調し出力することで画像を表示
し、前記照明手段は、少なくとも発光手段と、前記発光手段の出力
光束を集光する第 1 の集光手段と、前記第 1 の集光手段の出力光束
の波面を変換する第 1 の波面変換手段からなり、前記第 1 の波面変
換手段は、前記第 1 の集光手段の出力光束の波面と略等価な第 1 の
25 光束と、第 2 の光束を干渉せしめて形成した第 1 のホログラム素子
であることを特徴とする画像表示装置。

(8 4) 前記照明手段は、前記発光手段の出力光束を集光する第 1 の集光手段と、前記第 1 の集光手段の出力光束を伝搬する第 2 の集光手段と、前記第 2 の集光手段からの出力光束の波面を変換する第 2 の波面変換手段を具備し、前記第 2 の波面変換手段は、前記第 2 の集光手段の出力光束の波面と略等価な第 1 の光束と、第 3 の光束を干渉せしめて形成した第 2 のホログラム素子であることを特徴とする請求項 1 記載の画像表示装置。

(8 5) 前記照明手段が、複数のレンズを 2 次元にアレイ状に配置して成る第 1 及び第 2 の蠅の目レンズから構成されるインテグレートータを具備することを特徴とする請求項 1 または 2 記載の画像表示装置。

(8 6) 前記画像表示手段が、偏光表示手段であり、該偏光表示手段は、入射する前記照明手段からの照明光の中で、概ね特定の方向に偏向した偏光光を分離し、該偏光光を変調することで画像を表示することを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の画像表示装置。

(8 7) 前記照明手段が、ランダム偏光光を概ね特定方向の偏光光に変換する偏光変換手段を具備することを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれかに記載の画像表示装置。

(8 8) 前記第 2 の集光手段の最終出力手段が、前記第 1 の蠅の目レンズであることを特徴とする請求項 2 ～ 5 のいずれかに記載の画像表示装置。

(8 9) 前記第 2 もしくは第 3 の光束は、前記発光手段の発光体より体積の小さな微小発光体からの出力光束又は該出力光束を反射鏡にて反射せしめた光束、もしくは該出力光束又は該光束を第 3 の集光手段により伝搬せしめた光束の波面と略等価であることを特徴

とする請求項 1 ～ 6 のいずれかに記載の画像表示装置。

(9 0) 前記第 2 の光束もしくは前記第 3 の光束は、略平面波もしくは該略平面波を第 3 の集光手段により伝搬せしめた光束の波面と略等価な波面を有する光束であることを特徴とする請求項 1 ～ 7
5 のいずれかに記載の画像表示装置。

(9 1) 前記第 2 の集光手段の最終出力手段が前記第 1 の蠅の目レンズであり、前記第 3 の集光手段の最終出力手段が第 3 の蠅の目レンズであり、前記第 3 の蠅の目レンズと前記第 2 の蠅の目レンズが一对でインテグレータを構成することを特徴とする請求項 2 ～ 8
10 のいずれかに記載の画像表示装置。

(9 2) 前記反射鏡が、回転放物面鏡もしくは回転楕円面鏡もしくは球面鏡であることを特徴とする請求項 1 ～ 9 のいずれかに記載の画像表示装置。

(9 3) 前記偏光変換素子は、少なくとも偏光分離手段と偏波面
15 回転手段を具備してなり、かつ、前記偏光分離手段により分離された互いに概ね直交する偏波面の一方の偏波面を、前記偏波面回転手段が略 90° 回転せしめる構成であることを特徴とする請求項 1 ～ 10 のいずれかに記載の画像表示装置。

(9 4) 前記ホログラム素子は、参照光束発生手段より発生された
20 た参照光束及び物体光束発生手段より発生された物体光束の 2 光束を干渉せしめて形成される干渉縞をホログラム材料に記録せしめることにより作製され、2 分されたレーザー光の一方を前記参照光束発生手段に入射せしめることにより前記参照光束を発生させ、該 2 分されたレーザー光の他の一方を前記物体抗争発生手段に入射せし
25 めて前記物体光束を発生させることを特徴とするホログラム素子の製造方法。

(9 5) 前記参照光束発生手段が、反射鏡、及び所定の位置に静置された微小形状の第 1 の反射体を少なくとも備え、前記 2 分されたレーザー光の一方を反射鏡に設けた 1 つもしくは複数の透過孔より入射せしめて前記第 1 の反射体を照明し、前記第 1 の反射体から
5 の反射もしくは散乱光束、及び該反射もしくは散乱光束を反射鏡にて再度反射せしめた光束のいずれかもしくは両者を前記参照光束とすることを特徴とする請求項 1 2 記載のホログラム素子の製造方法。

(9 6) 前記物体光束発生手段が、反射鏡、及び所定の位置に静置された第 2 の反射体を少なくとも備え、前記レーザー光を反射鏡
10 に設けた 1 つもしくは複数の透過孔より入射せしめて前記第 2 の反射体を照明し、前記第 2 の反射体からの反射もしくは散乱光束、及び該反射もしくは散乱光束を反射鏡にて再度反射せしめた光束のいずれかもしくは両者を前記物体光束とすることを特徴とするホログラム素子の製造方法であって、前記第 2 の反射体の形状が、前記画
15 像表示装置に用いる前記発光手段の発光体の形状と略等しいことを特徴とする請求項 1 2 記載のホログラム素子の製造方法。

(9 7) 前記第 2 の反射体の大きさを複数回にわたって小さく、もしくは大きくすることで複数回にわたって異なる物体光束を発生せしめ、複数の該物体光束と前記参照光束を干渉せしめ前記ホログ
20 ラム材料に多重記録せしめることを特徴とする請求項 1 2 ~ 1 4 のいずれかに記載のホログラム素子の製造方法。

(9 8) 前記物体光束発生手段が、入射レーザー光束を特定の立体角内に出力する発散光束発生手段であることを特徴とする請求項 1 2 または 1 3 記載のホログラム素子の製造方法。

25 (9 9) 前記発散光束発生手段の出力光束が、前記画像表示装置においてホログラム素子に入射される光束と略等しいことを特徴と

する請求項 12、13、16 のいずれかに記載のホログラム素子の製造方法。

(100) 前記発散光束発生手段、及び前記物体光束発生手段のいずれか一方もしくは両者が、1つもしくは複数の集光レンズ、及びインテグレータのいずれか一方もしくは両者を含むことを特徴とする請求項 12～17 のいずれかに記載のホログラム素子の製造方法。

(101) 前記参照光束発生手段、及び前記物体光束発生手段のいずれか一方もしくは両者が、前記参照光束もしくは前記物体光束を記録せしめたホログラムであることを特徴とする請求項 12～18 のいずれかに記載のホログラム素子の製造方法。

(102) 異なる波長の複数のレーザー光を用いて、前記参照光束及び前記物体光束を発生せしめ、異なる波長により形成した複数の2光束干渉縞を前記ホログラム材料に多重記録することを特徴とする請求項 12～19 のいずれかに記載のホログラム素子の製造方法。

(103)
20 物体光と参照光を干渉せしめて作成されるホログラム素子であって、前記物体光が略平行な光束（以下、物体光束と略記する）であり、前記参照光が発光手段から発せられる第1の光束を集光及び伝搬せしめる照明手段からの出力光束と略等価な波面を有する光束（以下、参照光束と略記する）であることを特徴とするホログラム
25 素子。

(1 0 4)

前記照明手段は、少なくとも前記第 1 の光束を集光する集光手段と、前記集光手段により集光された第 2 の光束を伝搬せしめる複数のレンズを 2 次元にアレイ状に配置してなる第 1 の蠅の目レンズ及び第 2 の蠅の目レンズを組み合わせたインテグレータを具備していることを特徴とする請求項 1 記載のホログラム素子。

(1 0 5)

前記照明手段は、入射光束を偏波面が互いに直交する成分に分離する偏光分離手段と、分離された偏光成分のいずれか一方の偏光成分の偏波面を略 90 度回転せしめる偏波面回転手段を具備することを特徴とする請求項 1 または 2 記載のホログラム素子。

(1 0 6)

前記ホログラム素子は、干渉稿を作成後、裏面に反射ミラーを設置していることを特長とする請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載のホログラム素子。

(1 0 7)

前記反射ミラーは、特定の波長帯域の光束を選択的に反射せしめることを特長とする請求項 1 ～ 4 のいずれかに記載のホログラム素子。

(1 0 8)

少なくとも、前記ホログラム素子と、前記ホログラム素子を照明する前記照明手段と、前記ホログラム素子の出力光束を変調するこ

とて画像を表示する画像表示手段とを具備してなり、前記画像表示手段は各画素に対応するマイクロレンズを具備し、前記マイクロレンズは、入射した光束を概ね画素の開口部分に収束せしめる機能を有することを特徴とする画像表示装置。

5

(1 0 9)

前記照明手段は、白色入射光束を固有の波長帯域を有する3原色に分離する色分離手段を具備し、前記3原色の中の特定の原色の波長帯域に含まれる波長を有する前記物体光束及び参照光束で作成された前記ホログラム素子の出力光束が、対応する原色の画像信号を表示する前記画像表示手段の入射光束であることを特徴とする請求項6記載の画像表示装置。

10

(1 1 0)

前記色分離手段は、特定の波長帯域の3原色を選択的に反射せしめるダイクロイックミラーであり、かつ各ダイクロイックミラーの光入射側に、対応するダイクロイックミラーが選択的に反射せしめる波長帯域に含まれる波長の物体光束及び参照光束によって形成された前記ホログラム素子を配置してなることを特長とする請求項6

または7記載の画像表示装置。

20

(1 1 1)

少なくとも、前記ホログラム素子と、前記ホログラム素子を照明する前記照明手段と、前記ホログラム素子の出力光束を変調することとて画像を表示する画像表示手段とを具備してなり、前記画像表示手段は、3原色の中から対応する原色の画像信号のみを表示する3

25

つの画素を一組とする画素構造を有し、かつ一組の画素構造に対応する光路変換手段を具備していることを特長とする画像表示装置。

(1 1 2)

- 5 前記照明手段は、少なくとも色分離手段を具備し、前記色分離手段は、特定の波長帯域の3原色を選択的に反射せしめるダイクロイックミラーであり、かつ、各ダイクロイックミラーの光入射側に、対応するダイクロイックミラーが選択的に反射せしめる波長帯域に含まれる波長の物体光束及び参照光束によって形成された前記ホログラム素子を配置してなり、かつ前記照明光学系の光軸に対する各ダイクロイックミラーの傾角を各々異ならしめることで3原色毎に
- 10 前記画像表示手段に入射する角度を異ならしめ、画像表示手段に形成された前記光路変換手段は、前記ホログラム素子及び前記ダイクロイックミラーによって異なる方向から入射される各原色を、対応
- 15 する原色の画像信号のみを表示する各画素の開口部に概ね集束せしめる機能を有することを特長とする請求項9に記載の画像表示装置。

(1 1 3)

- 前記光路変換手段は、マイクロレンズアレイ、回折光学素子、シリンドリカルレンズのいずれかであることを特徴とする請求項9または10記載の画像表示装置。
- 20

(1 1 4)

- 25 複数の微小領域からなる回折光学素子であって、前記微小領域の出力光束は、前記回折光学素子の法線方向と所定の角度で交わる平

面上で概ね互いに重なりあう光束であることを特徴とする回折光学素子。

(1 1 5)

- 5 前記回折光学素子は、物体光と参照光を干渉せしめて作成される複数の微小領域からなるホログラムであって、前記複数の微小領域の物体光は、前記ホログラムの法線方向と所定の角度で交わる平面上で概ね互いに重なりあう光束であることを特徴とする請求項 1 に記載の回折光学素子。

10

(1 1 6)

前記各微小領域の物体光が前記平面上で互いに概ね重なりあう形状は、矩形であることを特徴とする請求項 1、2 に記載の回折光学素子。

15

(1 1 7)

前記参照光は、前記ホログラムに所定の角度で入射する略平行光束であることを特徴とする請求項 1、2、3 に記載の回折光学素子。

20

(1 1 8)

前記参照光は、前記ホログラムに対して、所定の角度で交わる光軸上の一点に概ね収束される収束光であることを特徴とする請求項 1、2、3 に記載の回折光学素子。

25

(1 1 9)

少なくとも、前記回折光学素子と、前記回折光学素子を照明する

照明手段と、前記回折光学素子の出力光束を変調することで画像を表示する画像表示手段とを具備してなり、前記回折光学素子の出力光束は、前記画像表示手段上で互いに概ね重なり合い、かつ前記出力光束が互いに概ね重なり合った形状が、前記画像表示手段の画像表示領域と略等しい大きさの矩形であることを特徴とする画像表示装置。

(1 2 0)

前記画像表示手段は各画素に対応するマイクロレンズを具備しており、前記マイクロレンズは、入射した光束を概ね画素の開口部分に収束せしめる機能を有することを特徴とする請求項 6 に記載の画像表示装置。

(1 2 1)

前記回折光学素子の法線と、前記照明手段の光軸が平行ではなく、かつ前記照明手段からの出力光束が前記回折光学素子を照明する領域が略楕円形状であって、前記楕円形状の長軸方向と、前記画像表示手段の画像表示領域の長手方向が概ね一致することを特徴とする請求項 6、7 に記載の画像表示装置。

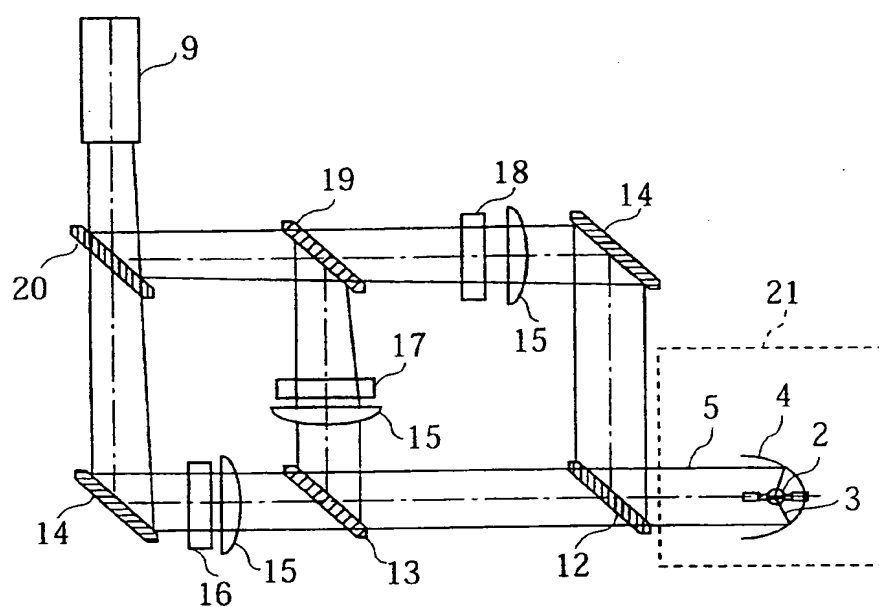
20

(1 2 2)

前記照明手段が、無偏光な光束の偏光方向を、特定方向にそろえる機能を有する偏光分離手段及び偏波面回転手段を有することを特徴とする請求項 6、7、8 に記載の画像表示装置。

25

図 1



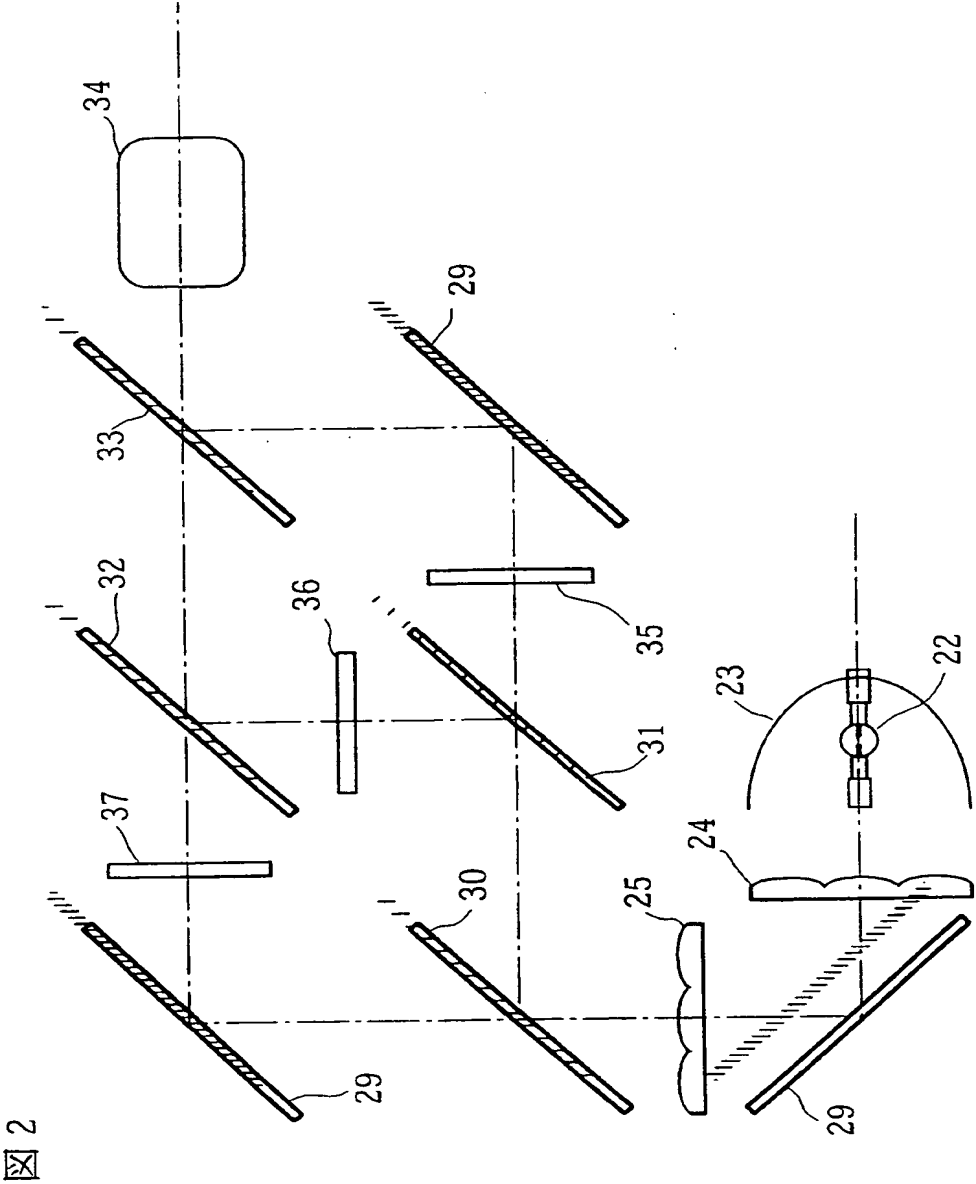


図 3

— 無偏光光
 - - - P偏光光
 ····· S偏光光

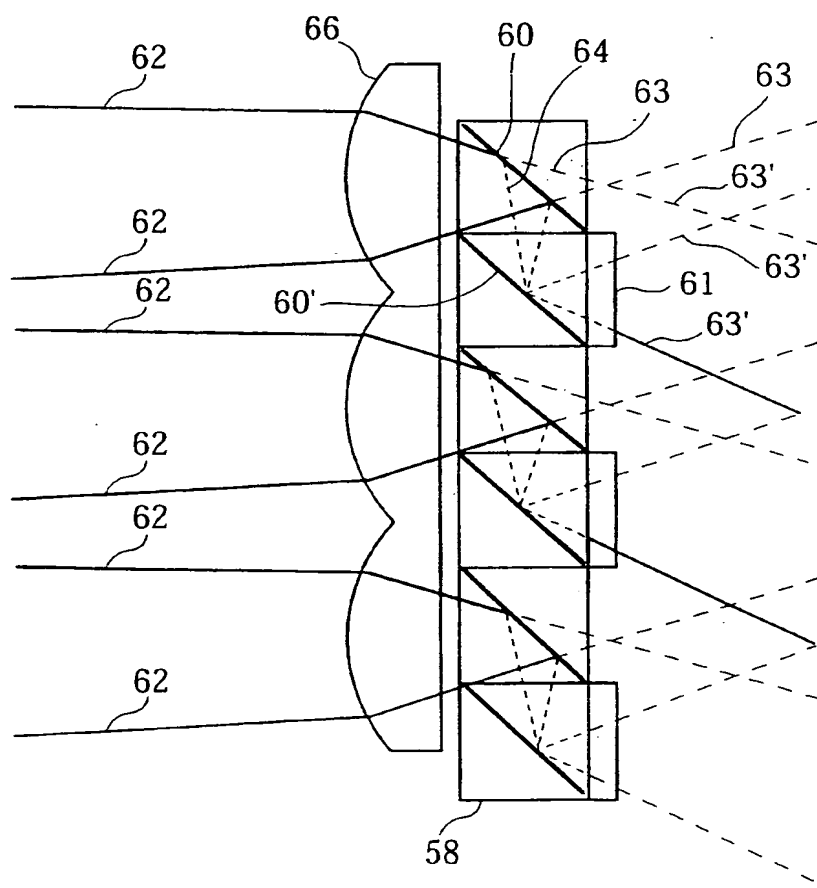


図 4

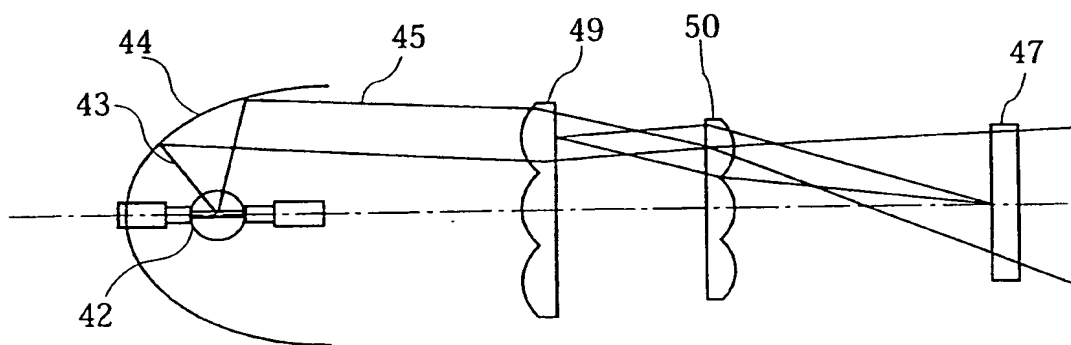


図 5

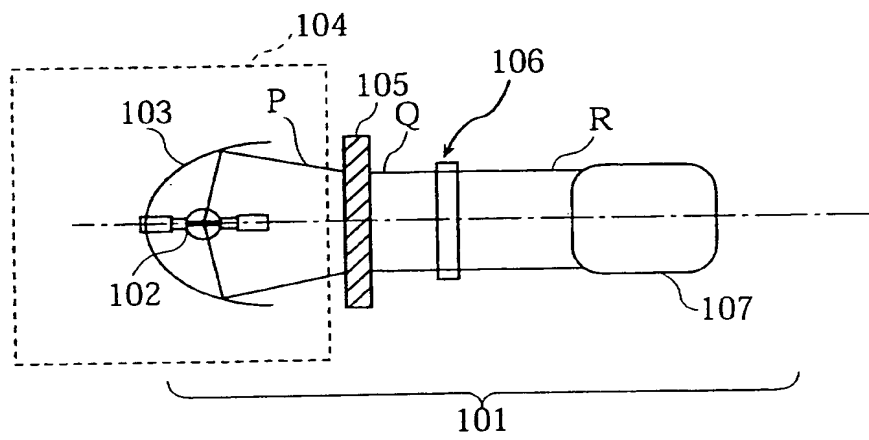


図 6

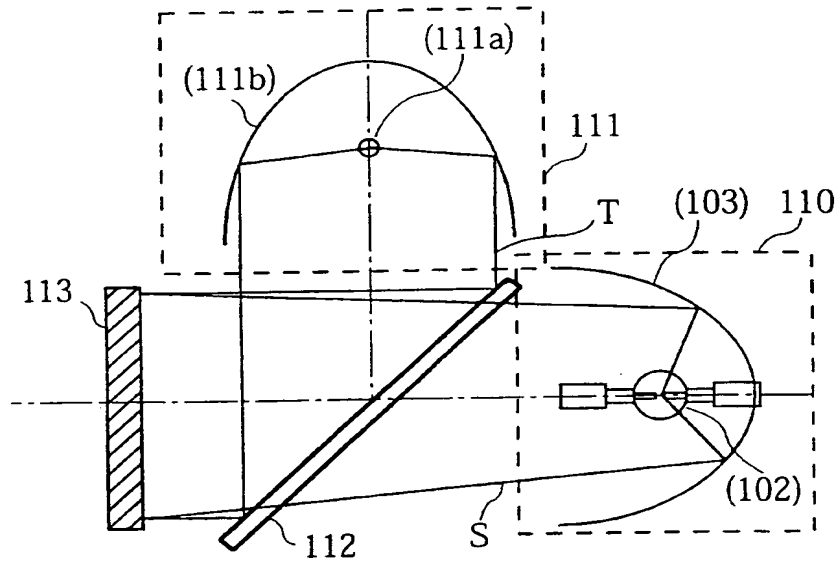


図 7

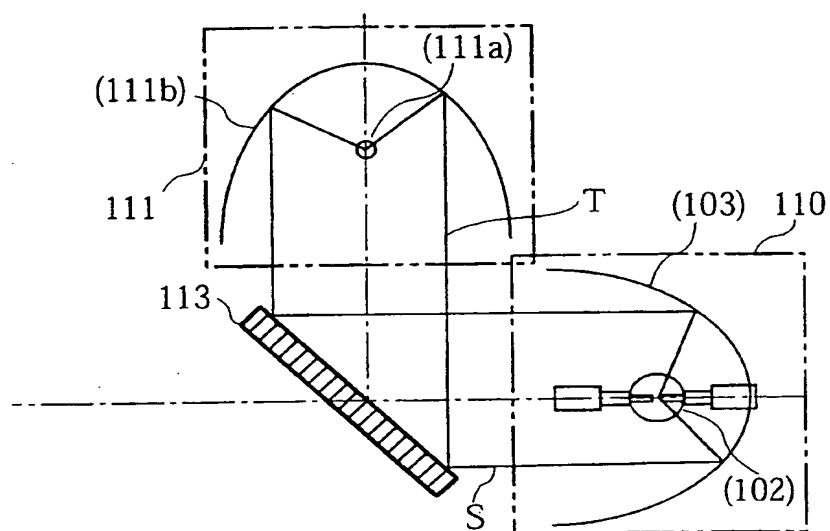


図 8

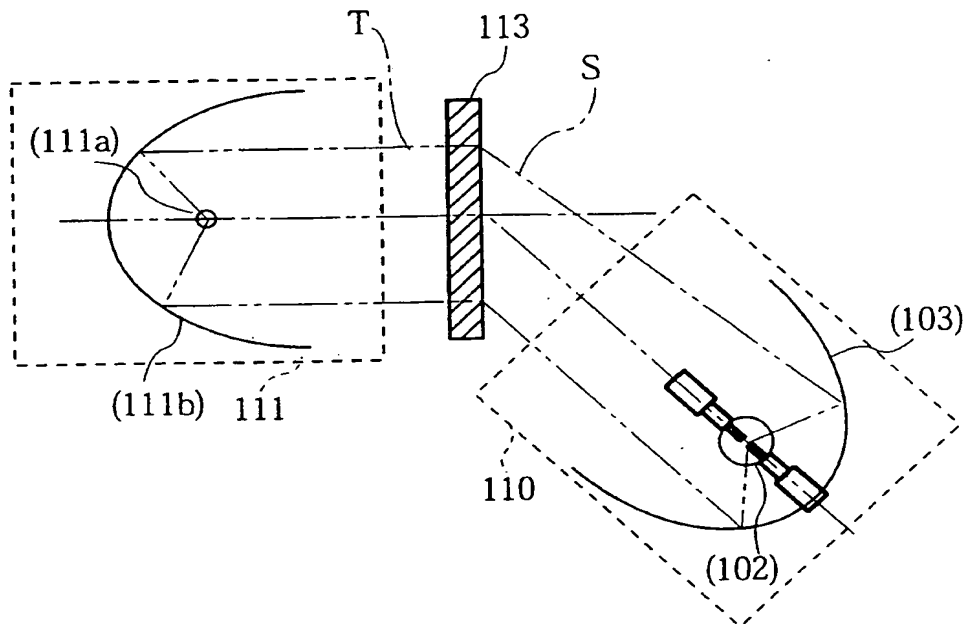


図 9

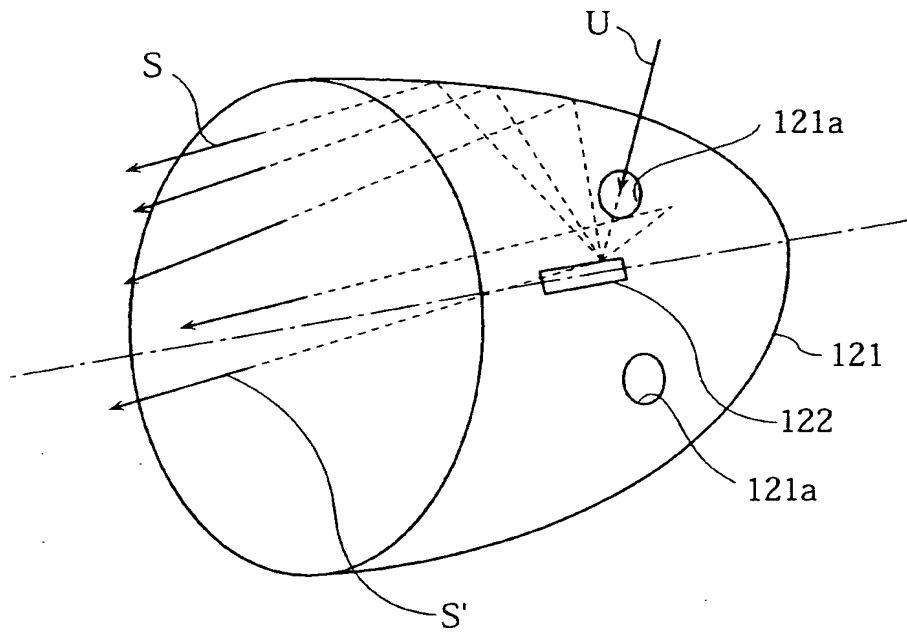


図 10

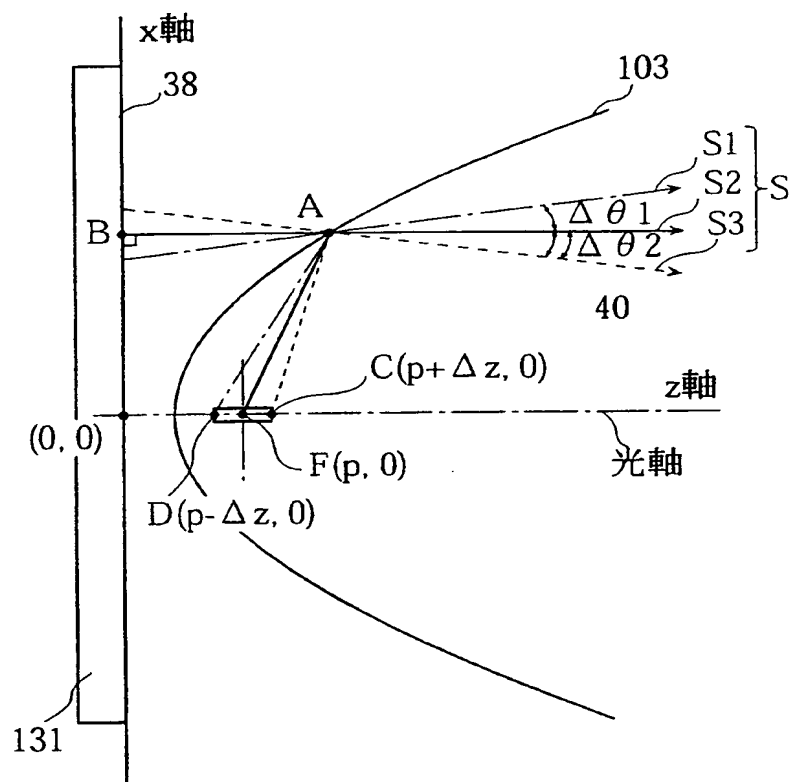


図 11

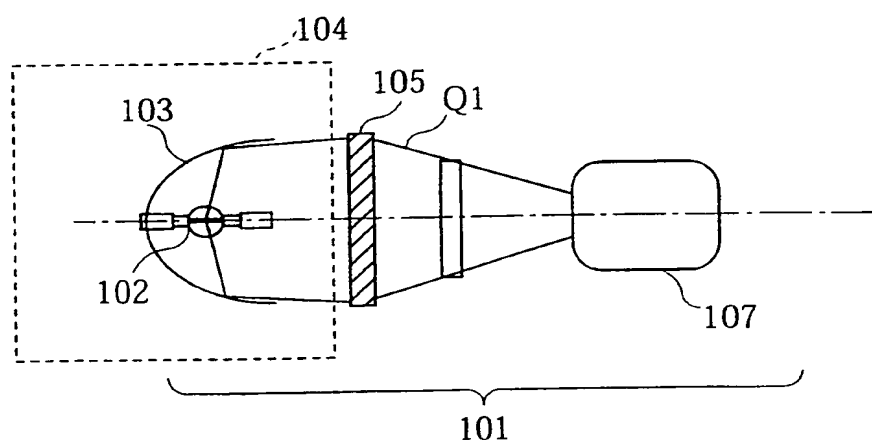


図 12

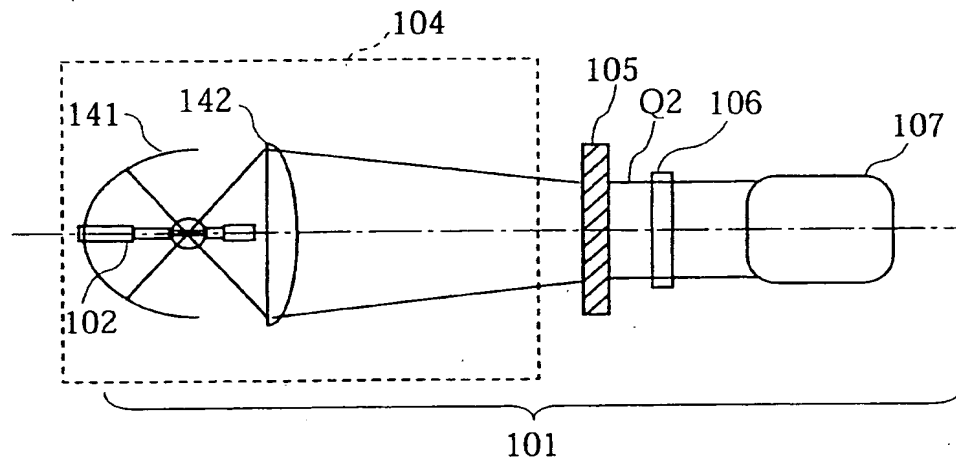


図 13

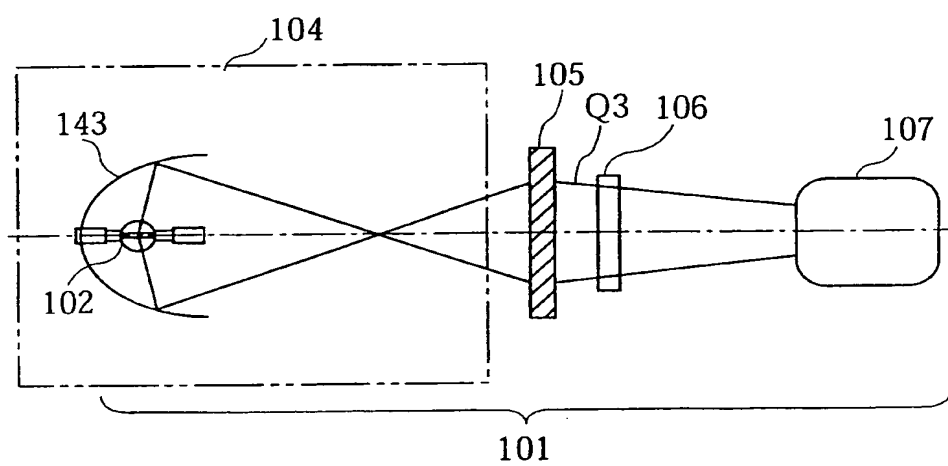


図 14

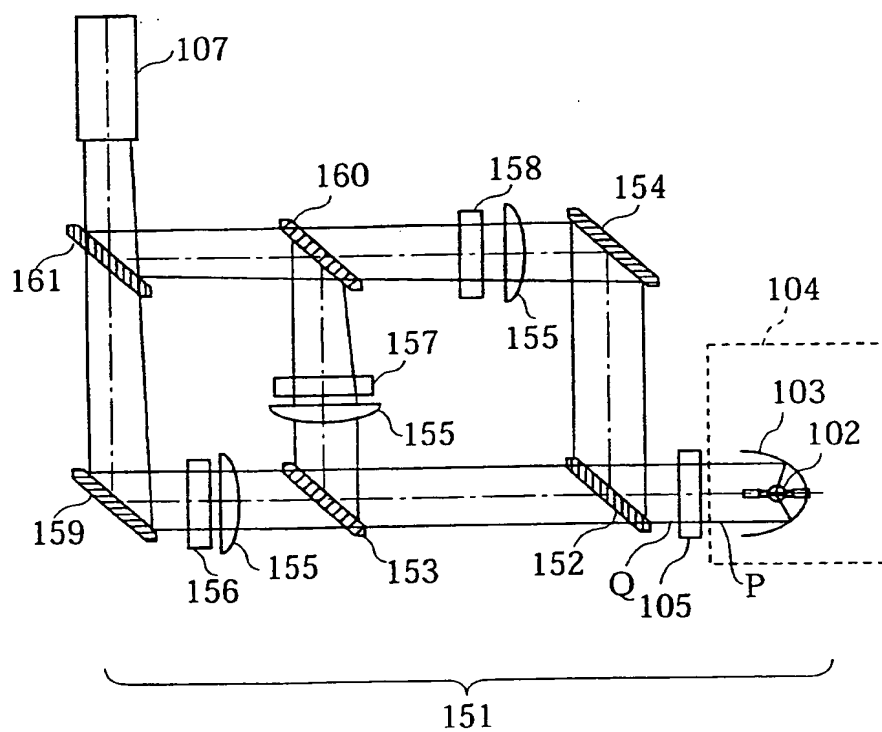


図 15

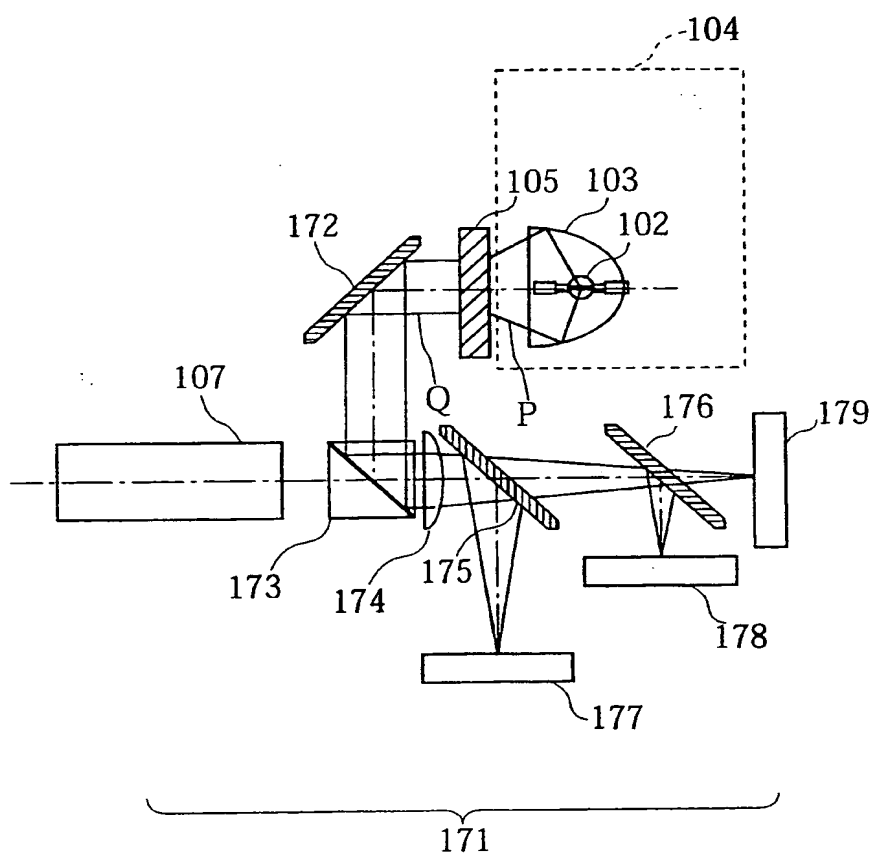


図 16

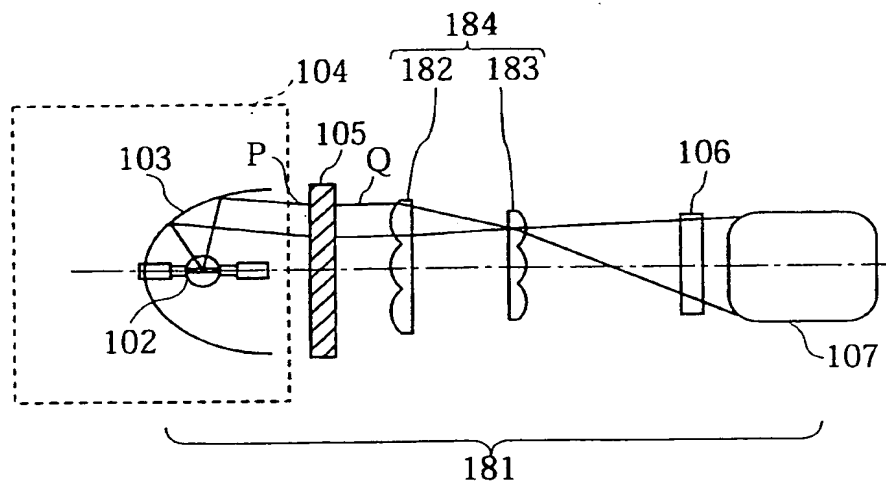


図 17

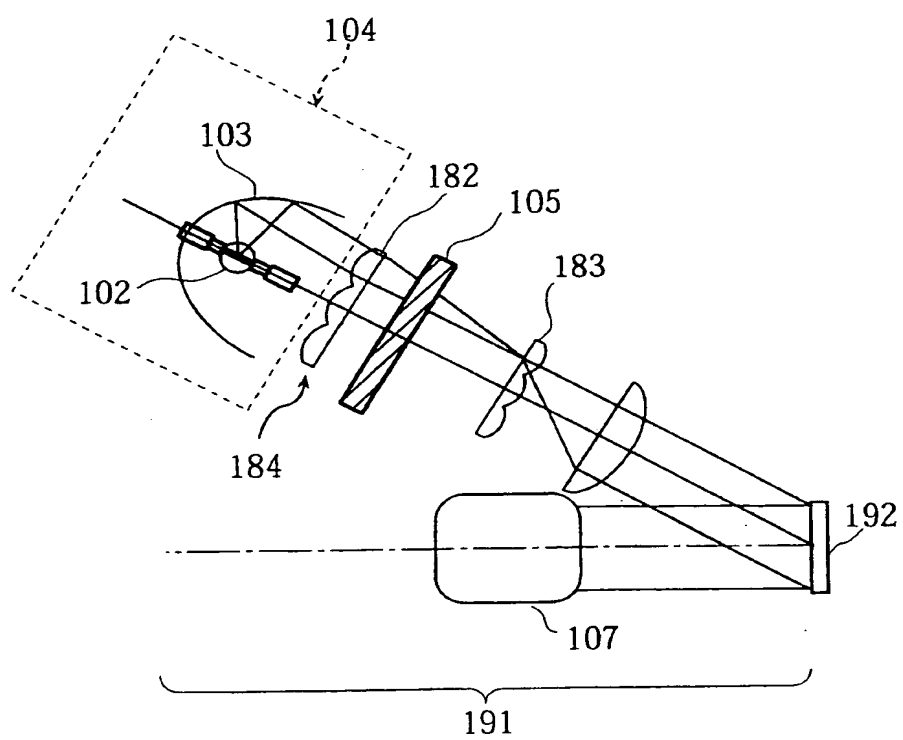


図 18

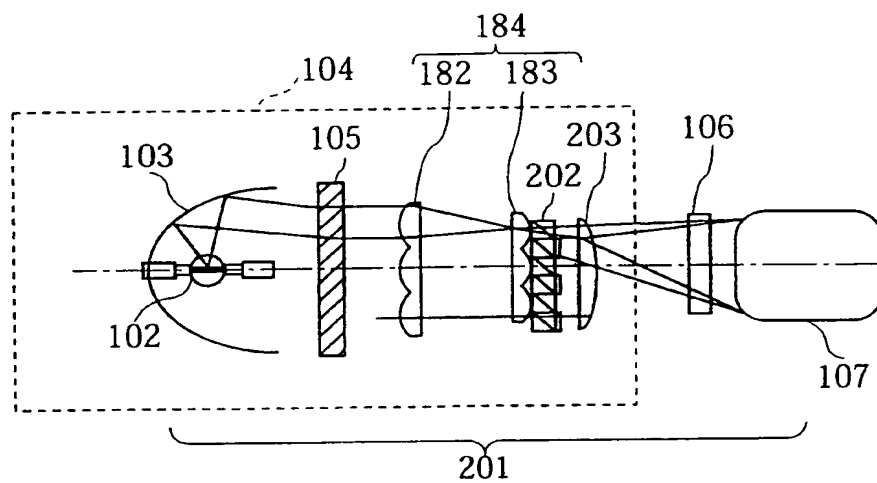


図 19

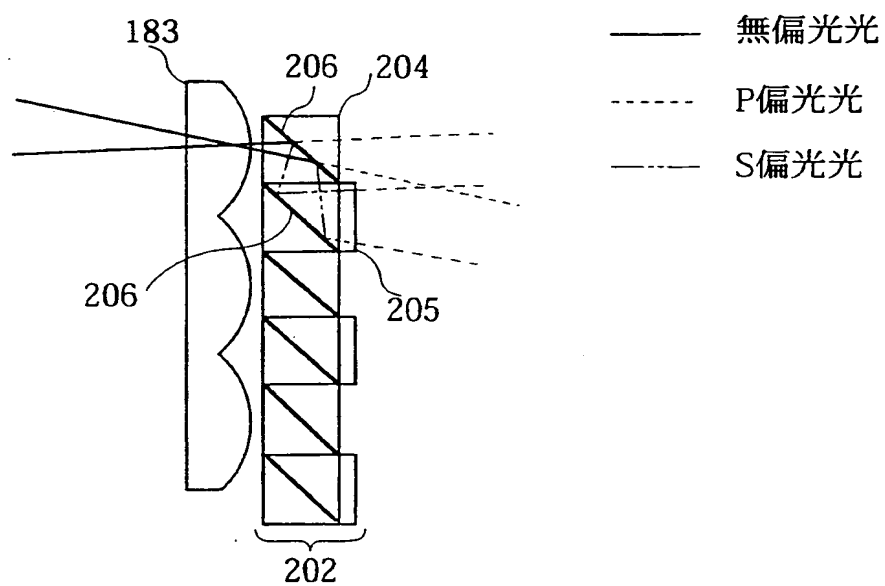
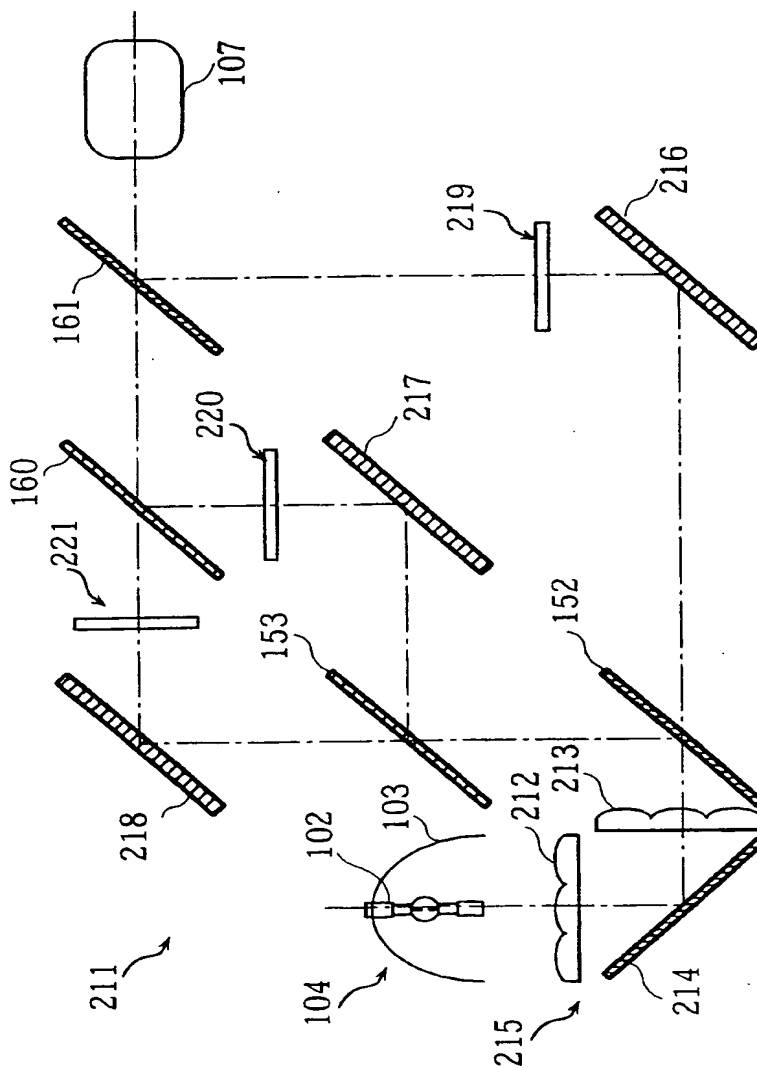


図 20



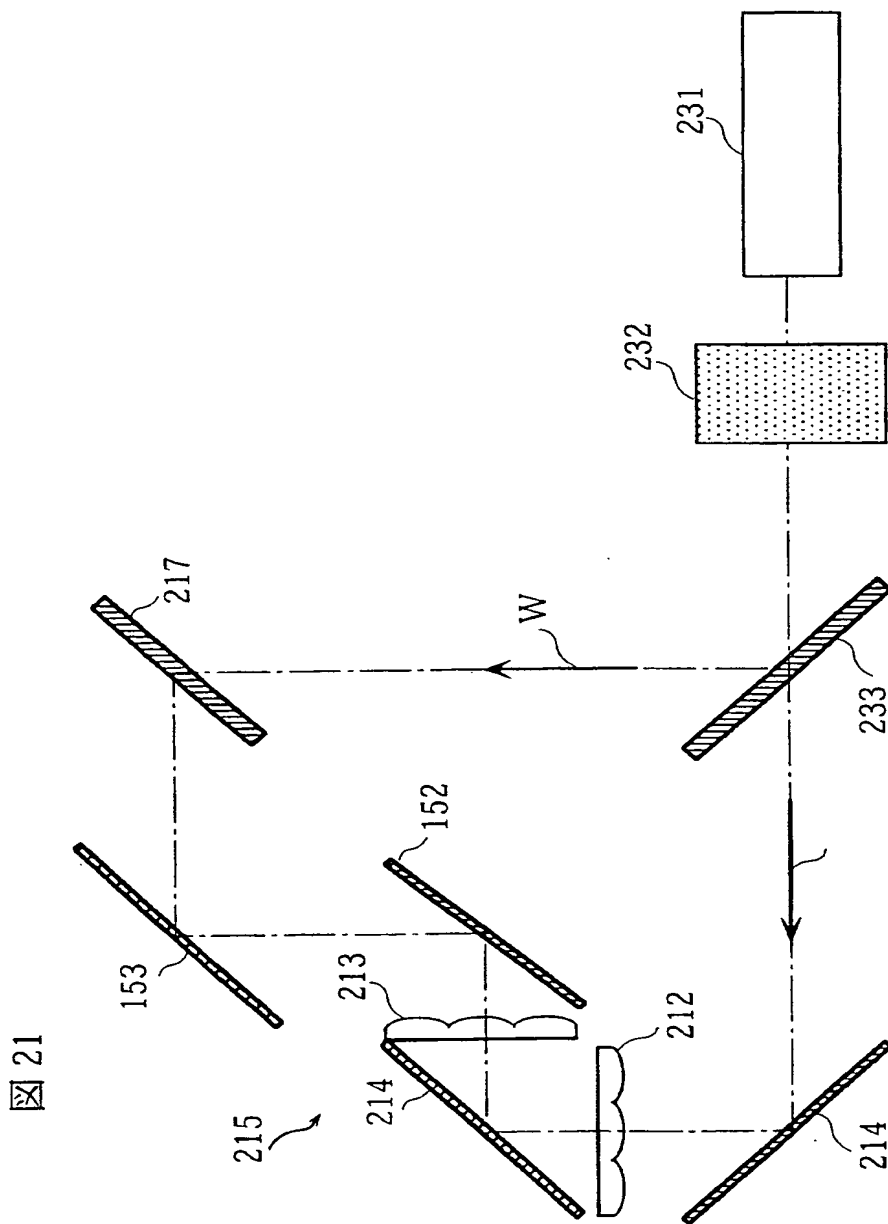


Fig. 21

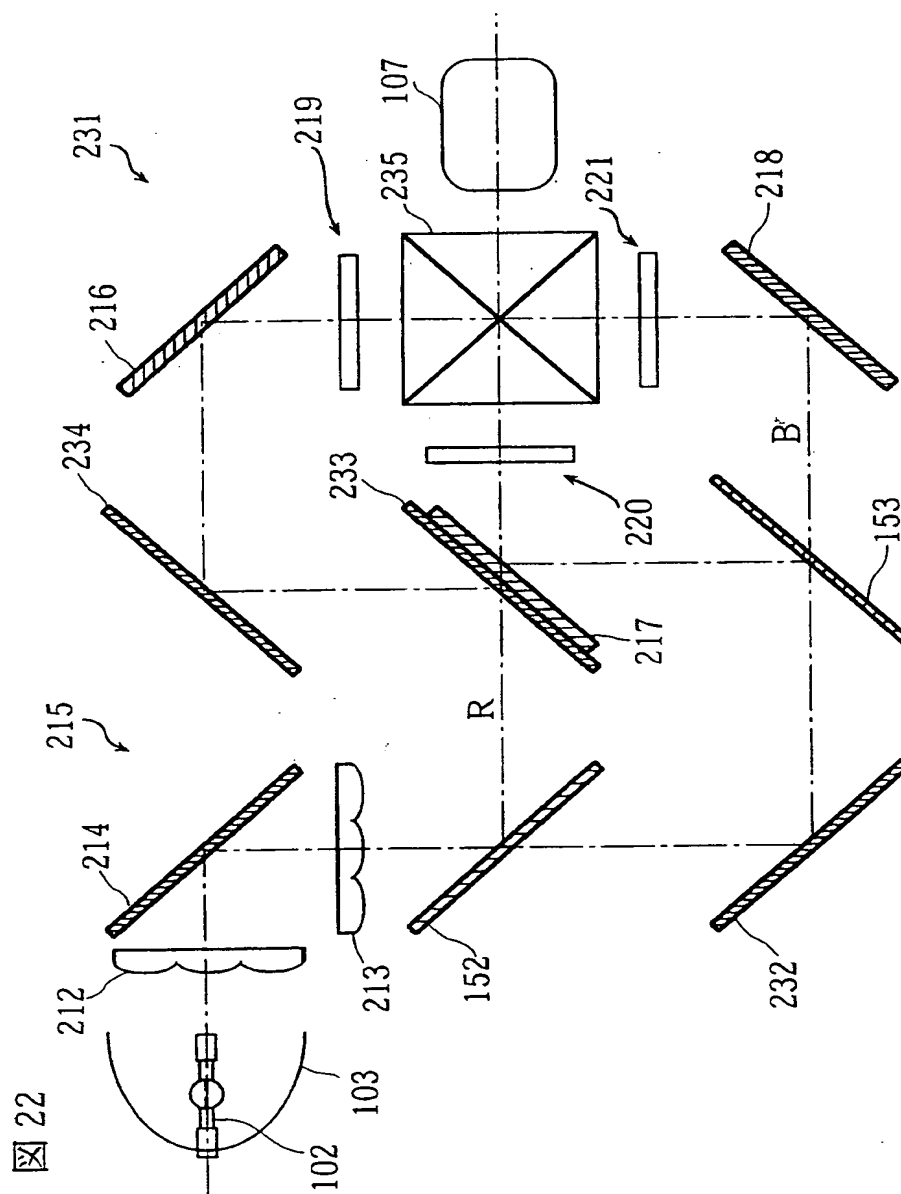
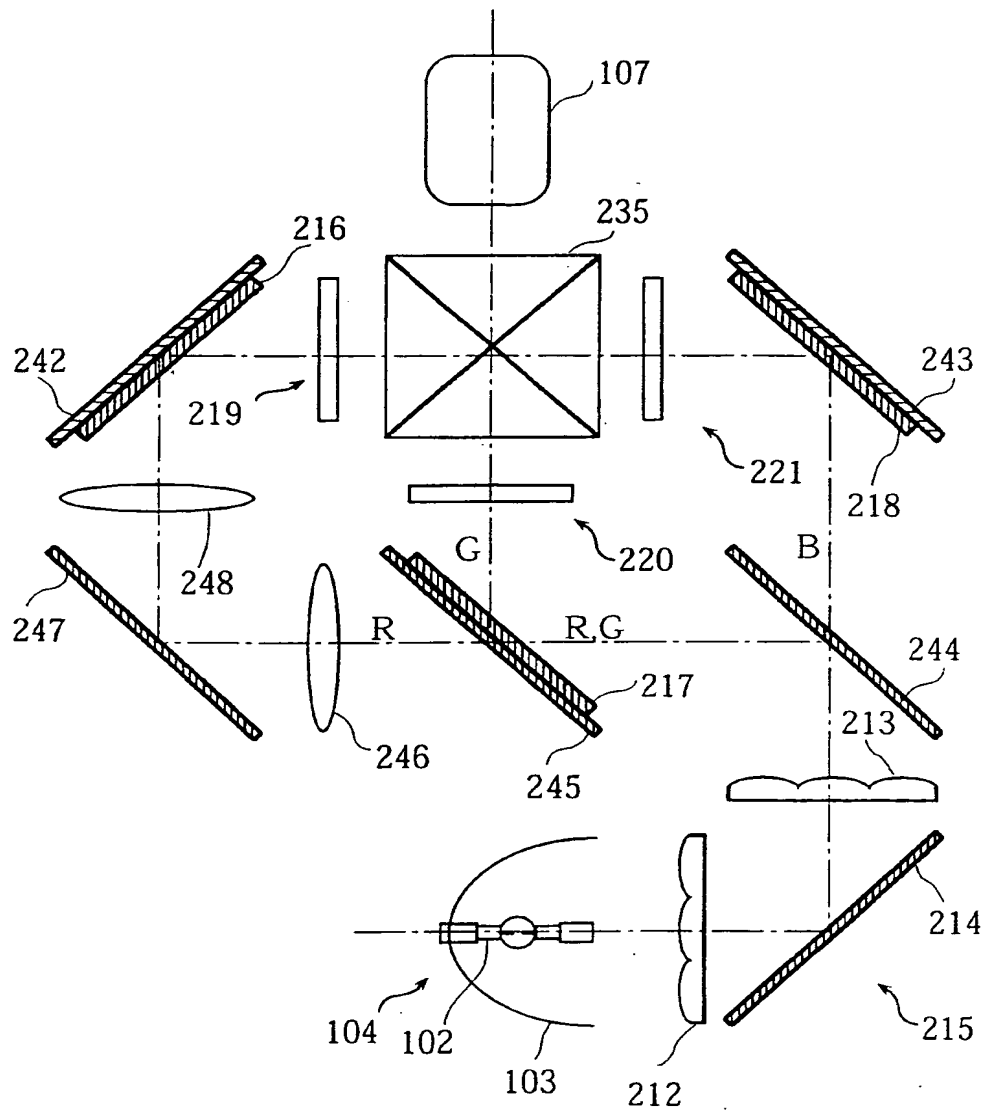


図 23



24

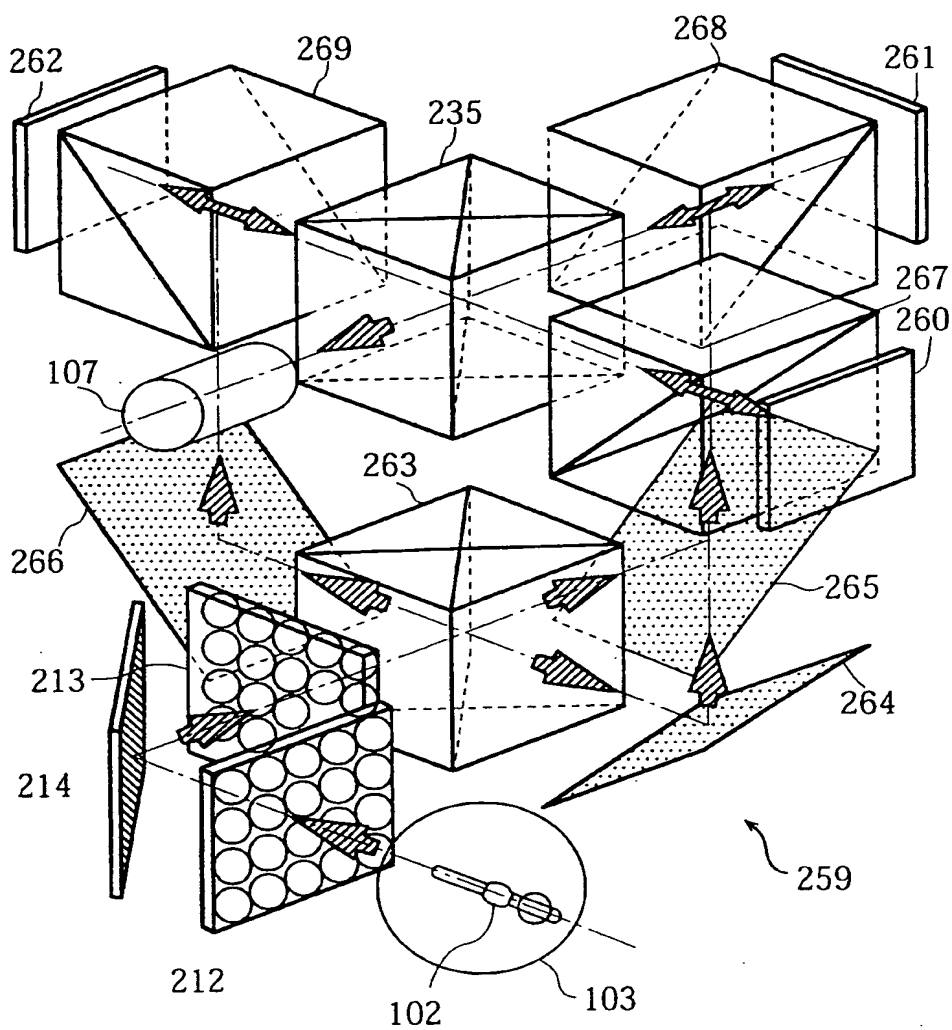


図 25

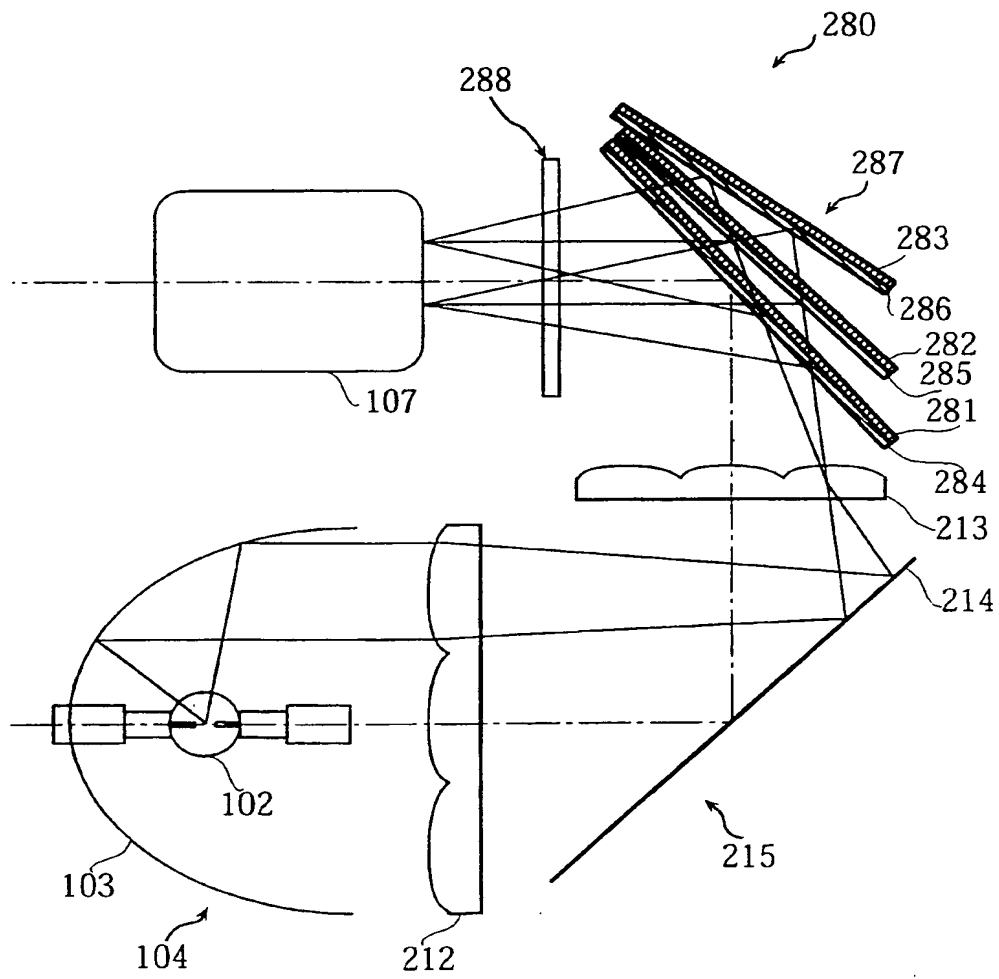


図 26

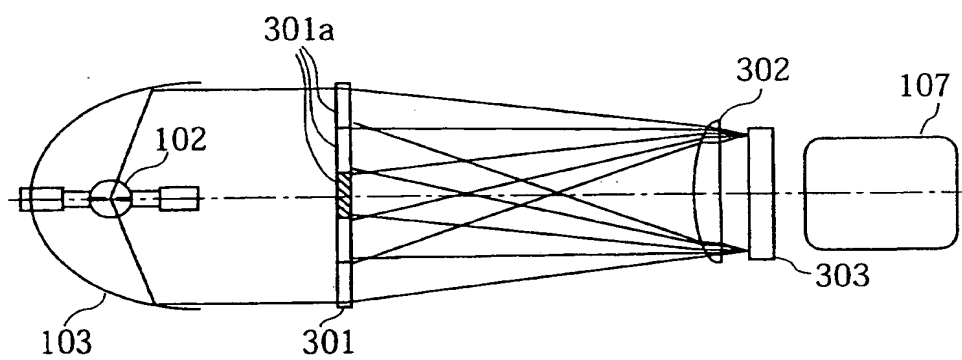


図 27

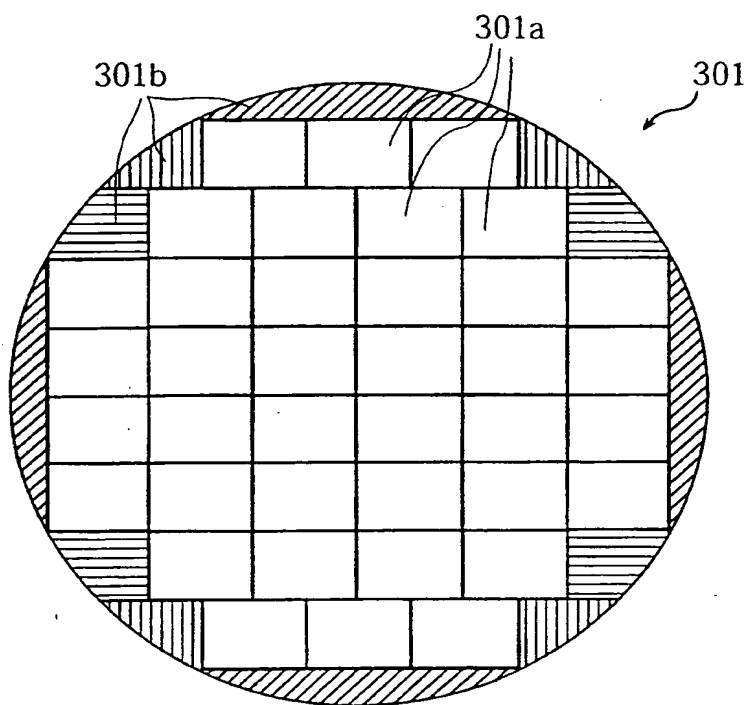
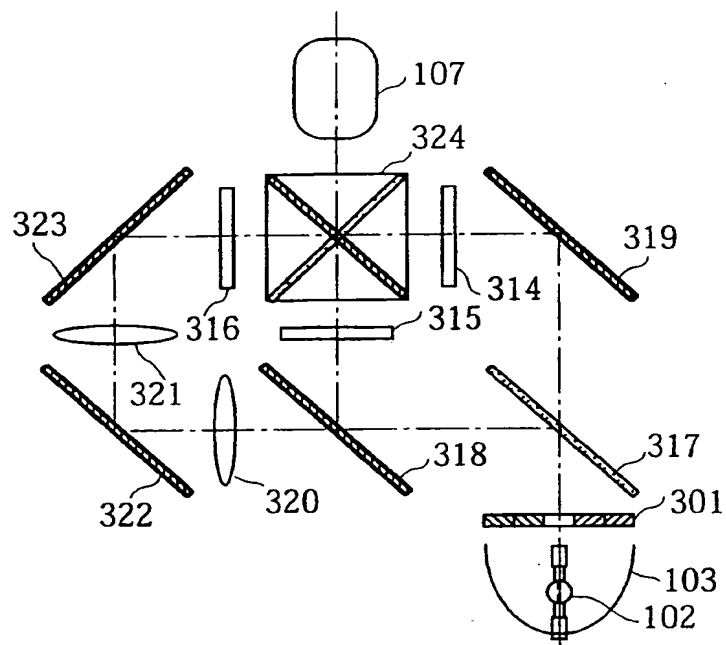


図 28



29

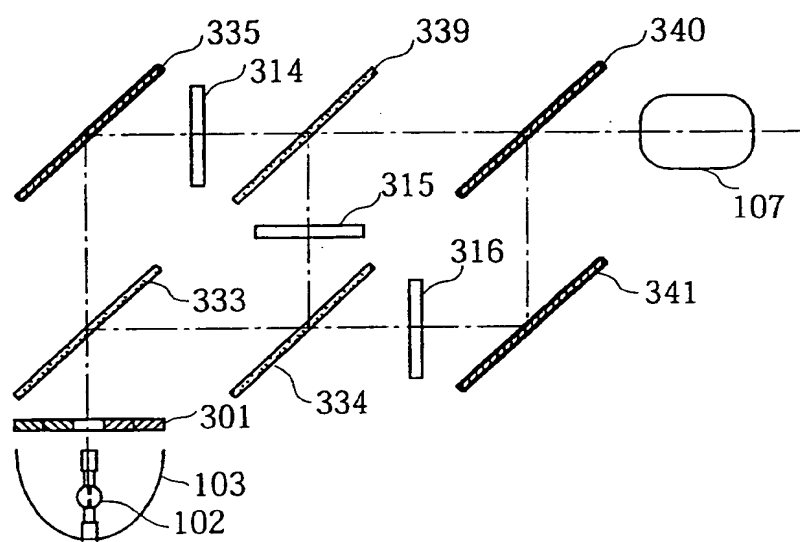


図 30

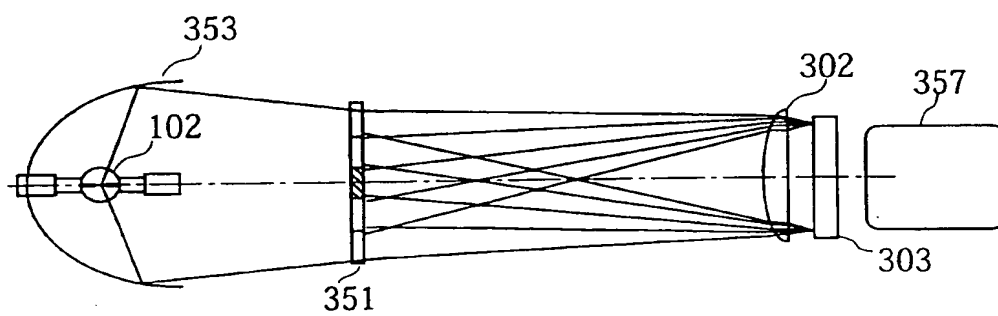


図 31

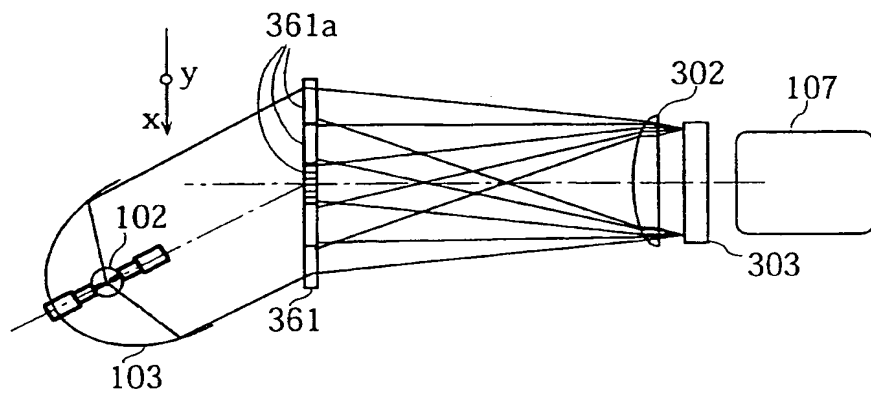
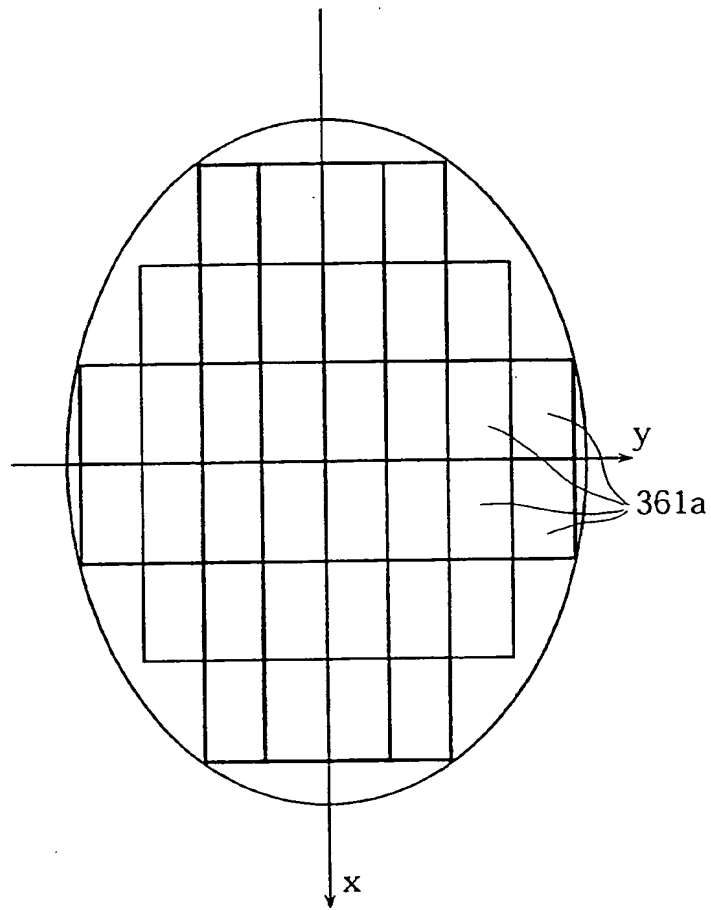


図 32



33

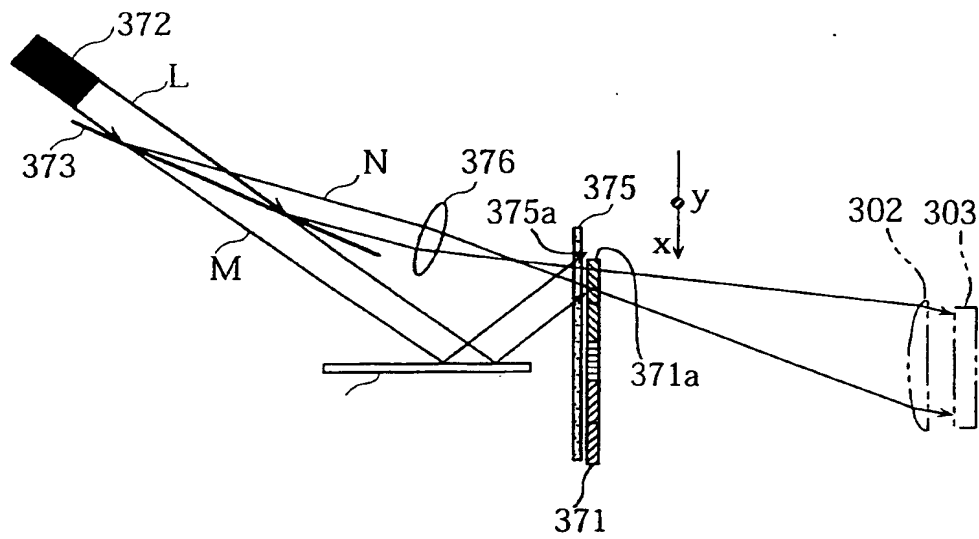


図 34

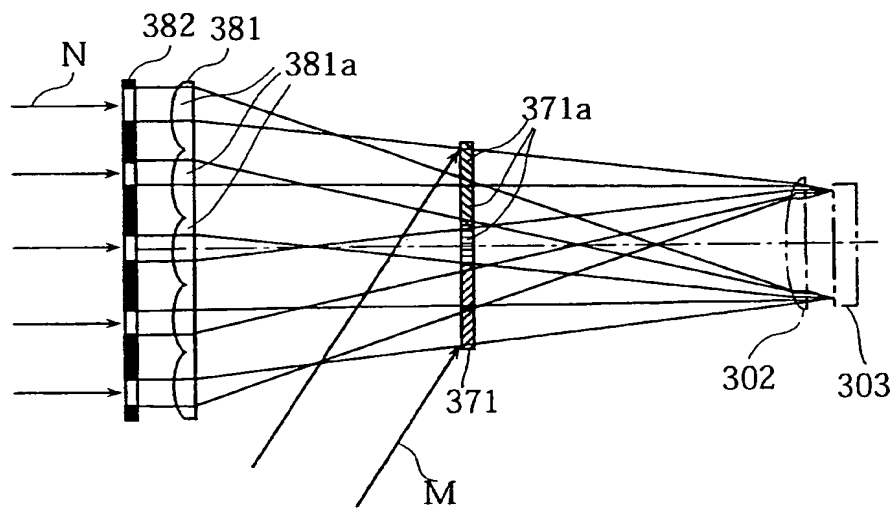


図 35

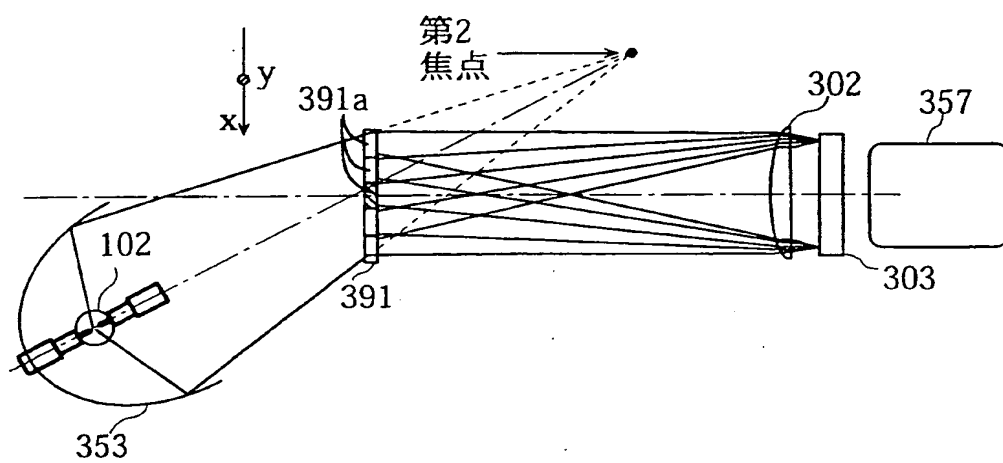


図 36

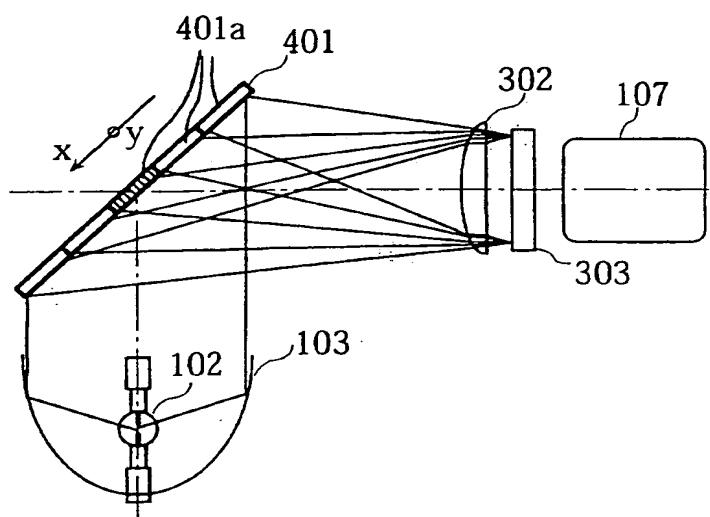


図 37

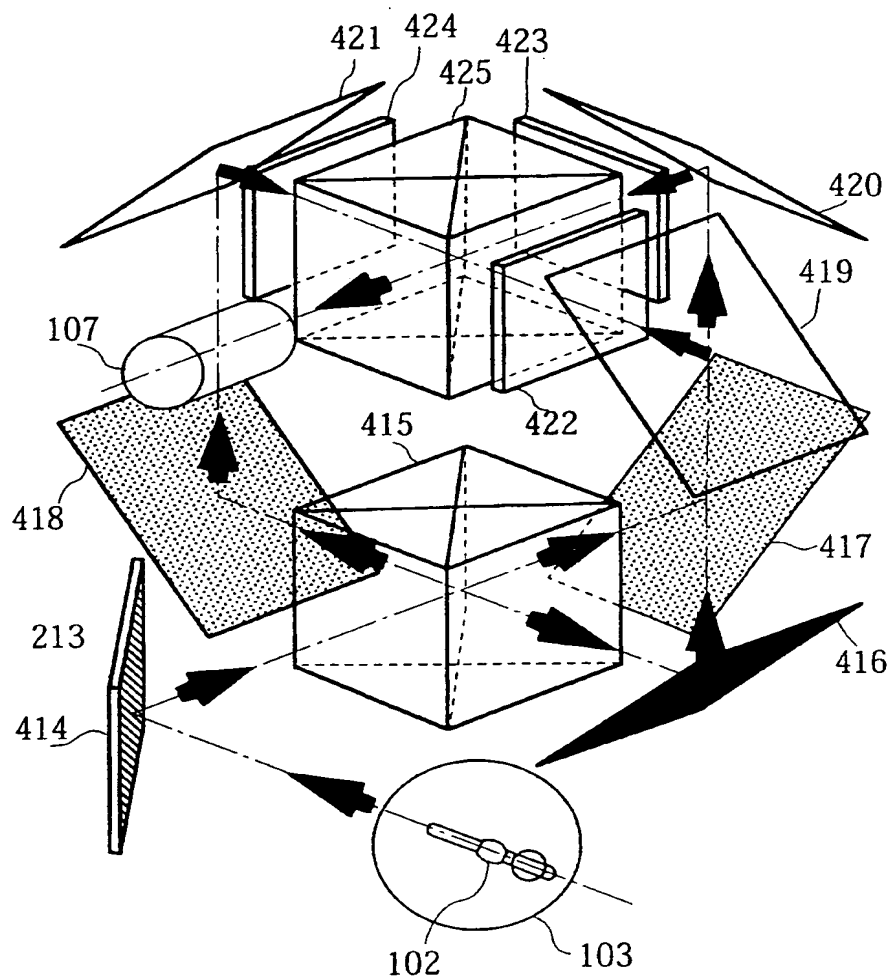


図 38

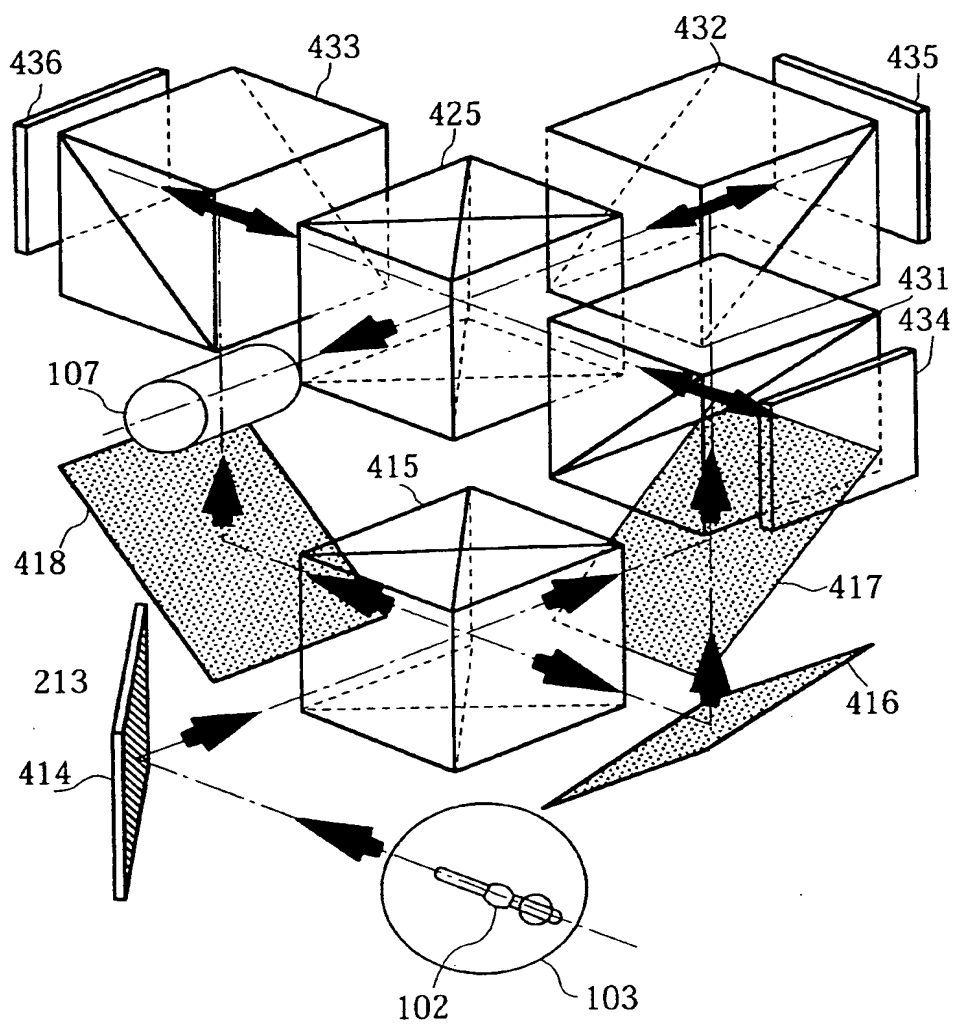


図 39

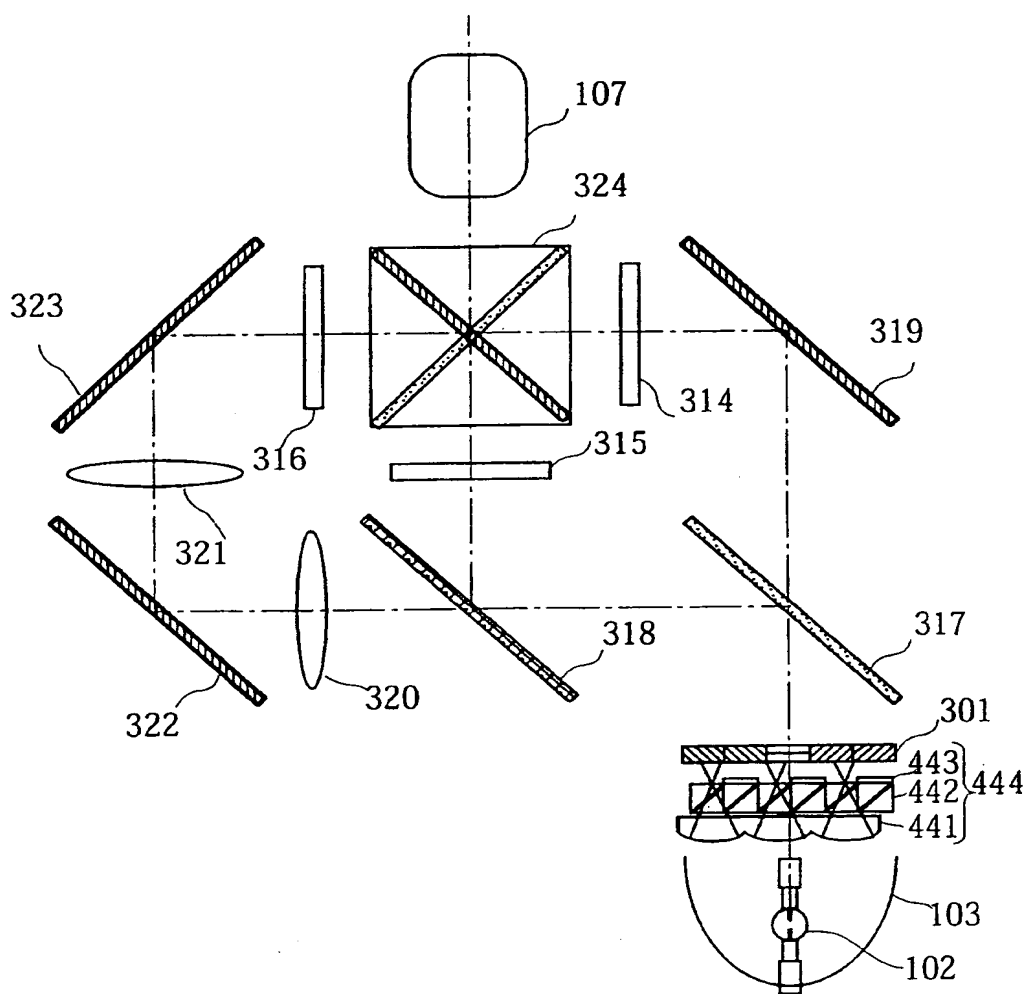
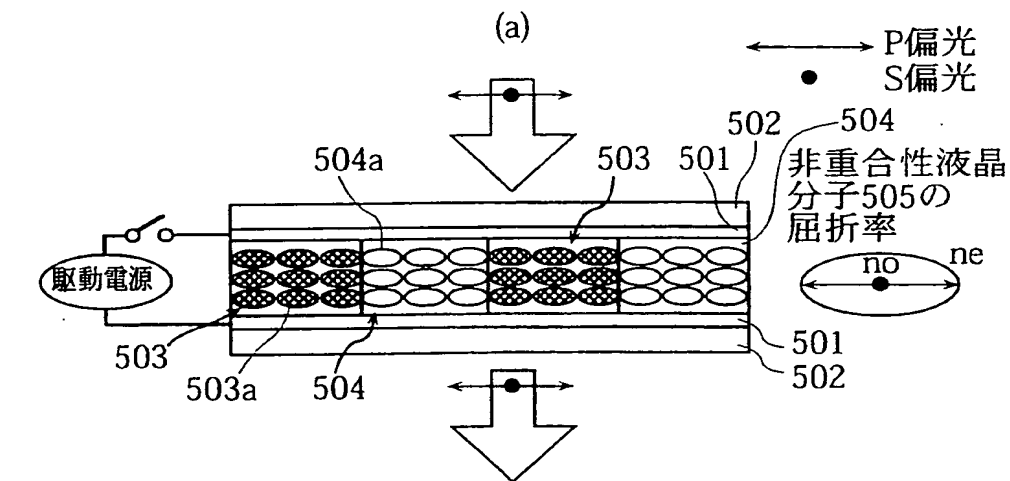
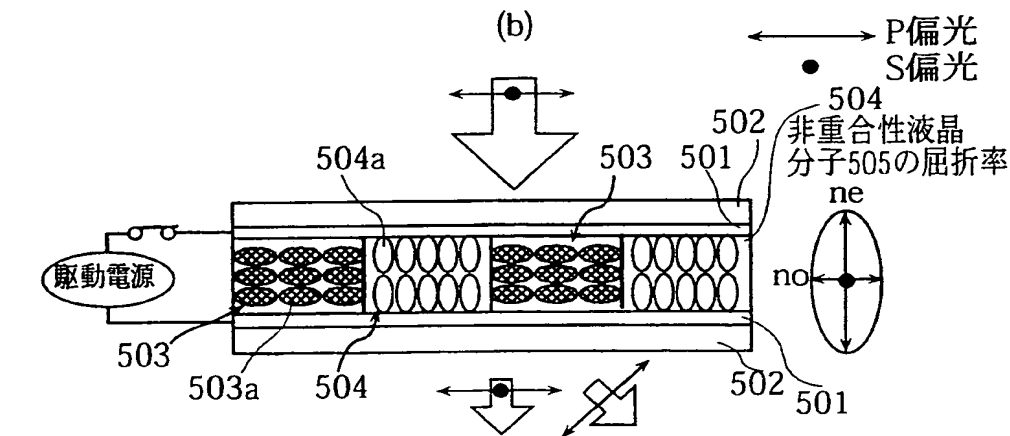


图 40

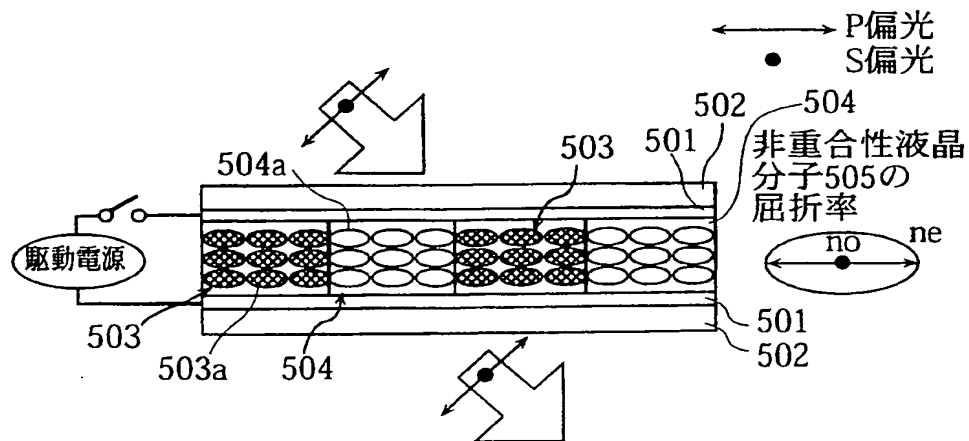


	領域1の屈折率	領域2の屈折率	領域1の屈折率	領域2の屈折率	光の進行方向
P偏光光	no	no	no	no	直進
S偏光光	ne	ne	ne	ne	直進



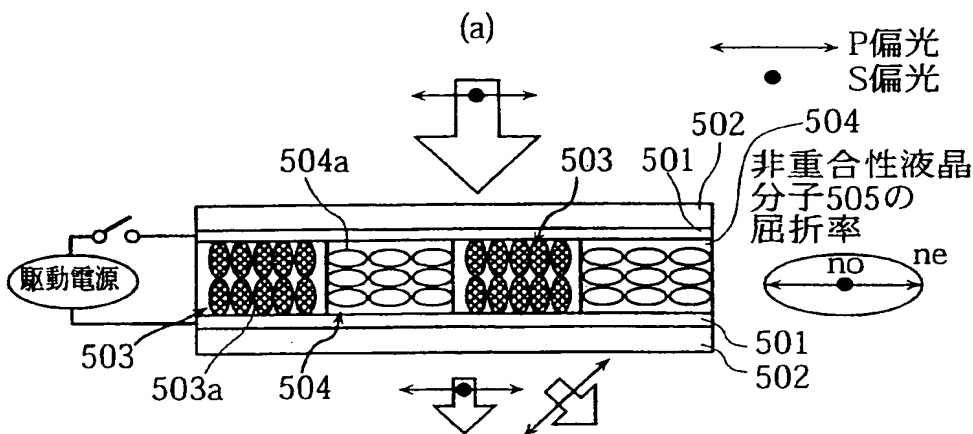
	領域1の屈折率	領域2の屈折率	領域1の屈折率	領域2の屈折率	光の進行方向
P偏光光	ne	no	ne	no	回折
S偏光光	no	no	no	no	直進

図 41

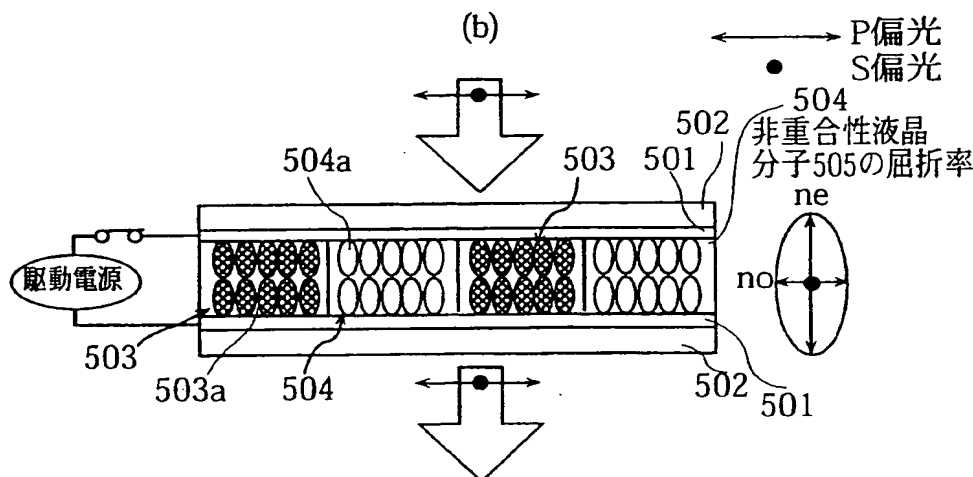


	領域1の屈折率	領域2の屈折率	領域1の屈折率	領域2の屈折率	光の進行方向
P偏光光	$ne(\theta)$	$ne(\theta)$	$ne(\theta)$	$ne(\theta)$	直進
S偏光光	no	no	no	no	直進

图 42



	領域1の屈折率	領域2の屈折率	領域1の屈折率	領域2の屈折率	光の進行方向
P偏光光	ne	no	ne	no	回折
S偏光光	no	no	no	no	直進



	領域1の屈折率	領域2の屈折率	領域1の屈折率	領域2の屈折率	光の進行方向
P偏光光	no	no	no	no	直進
S偏光光	ne	ne	ne	ne	直進

図 43

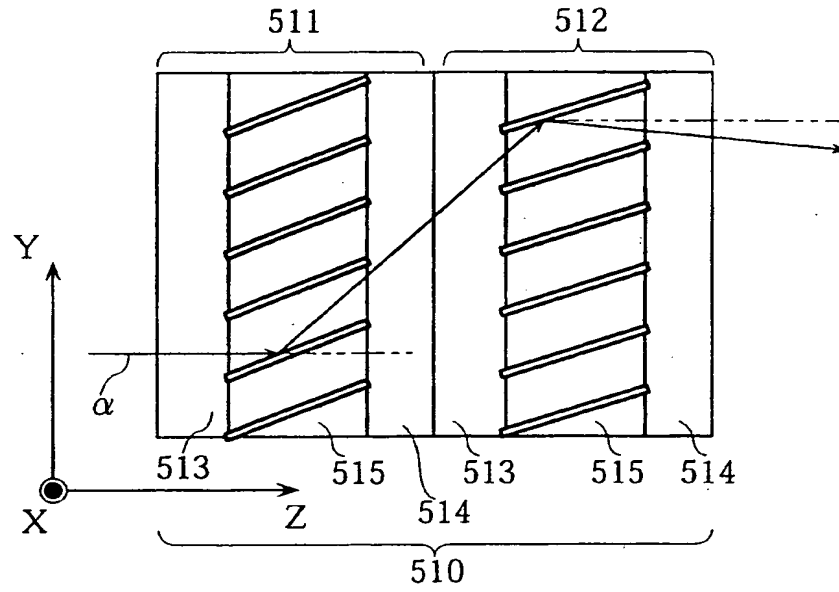


図 44

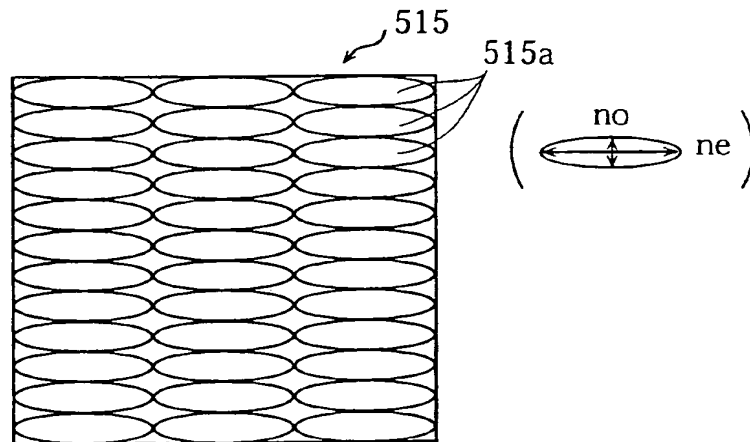


図 45

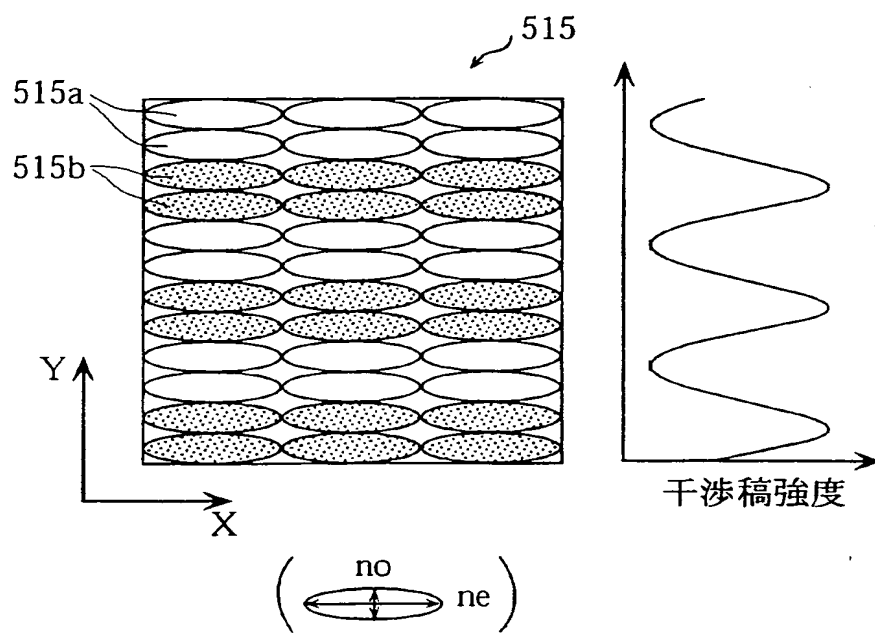


図 46

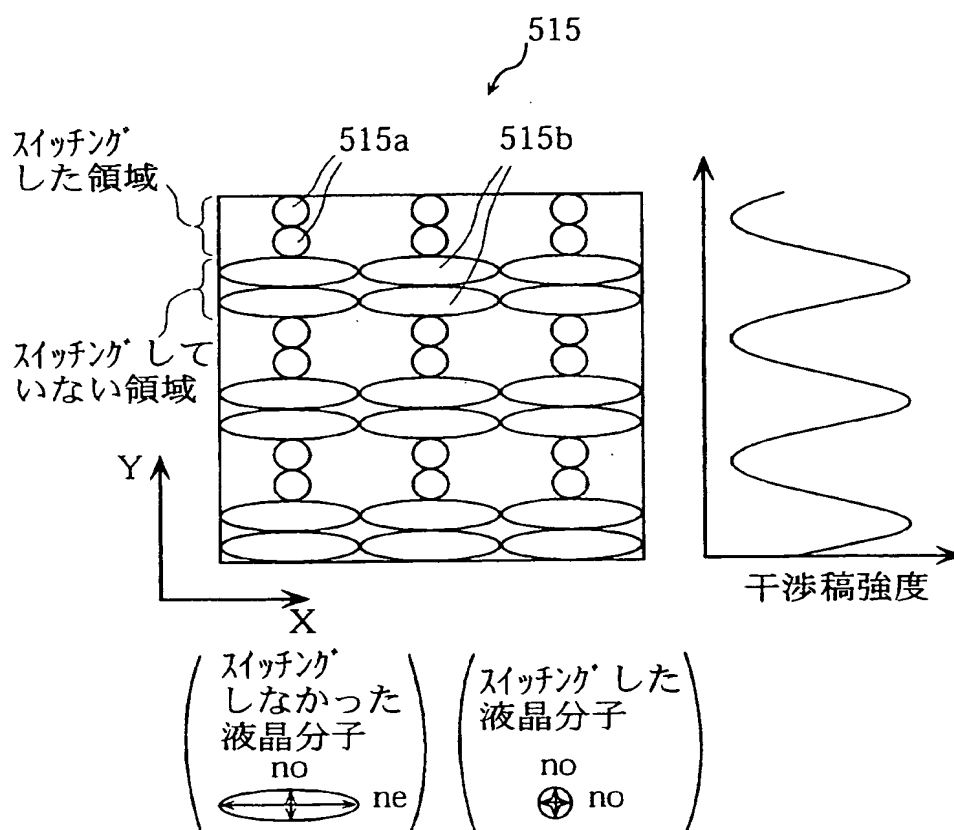


図 47

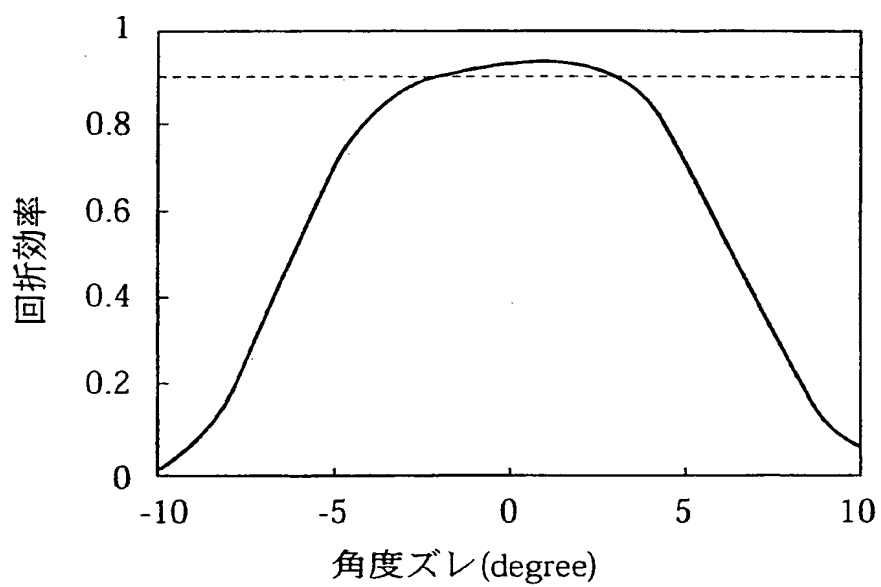


図 48

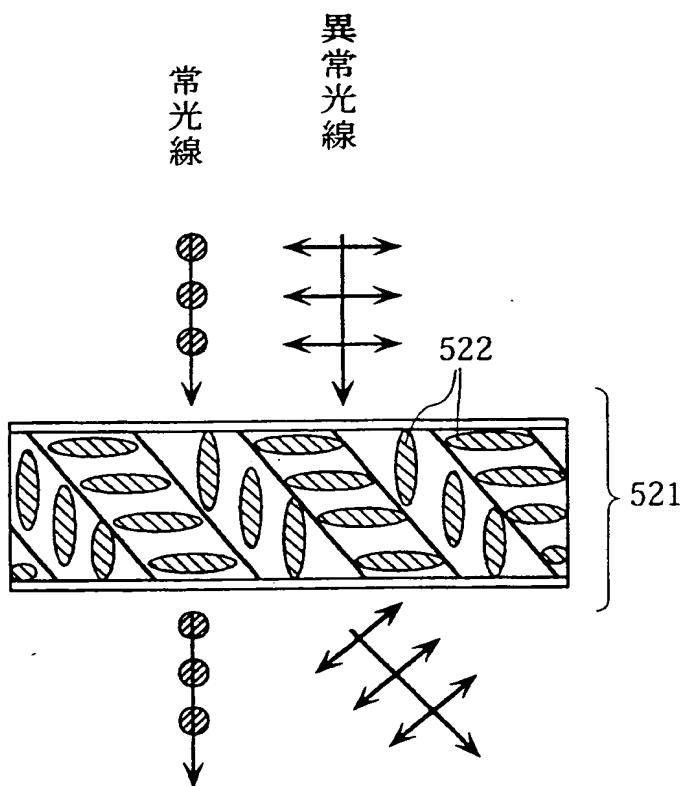


図 49

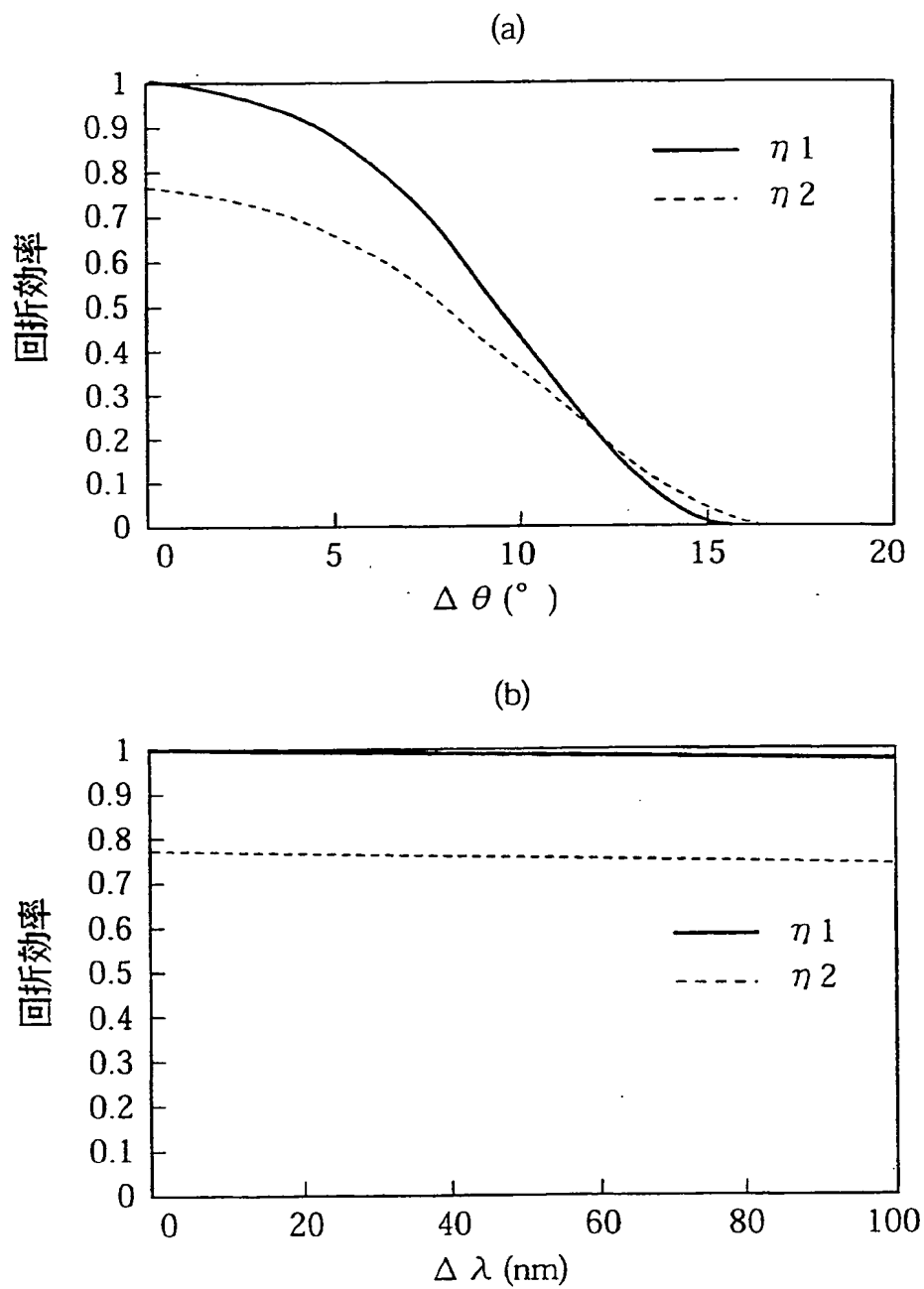


図 50

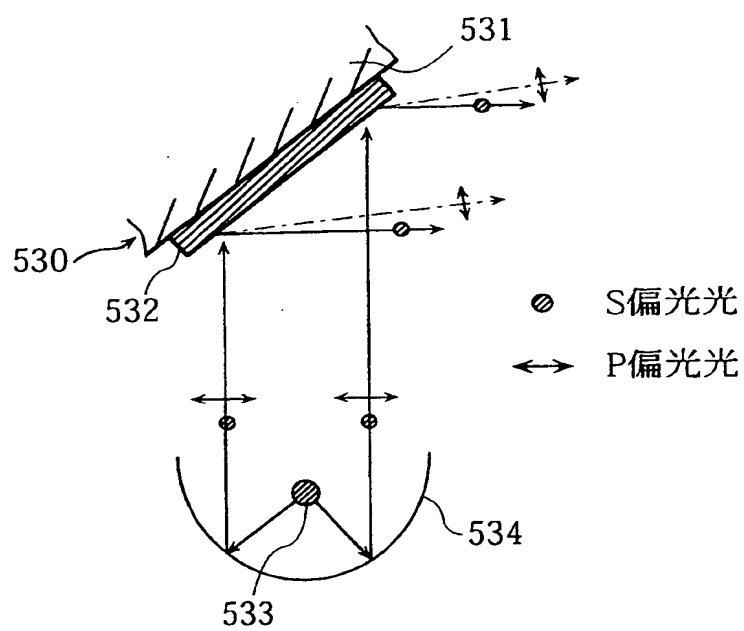


図 51

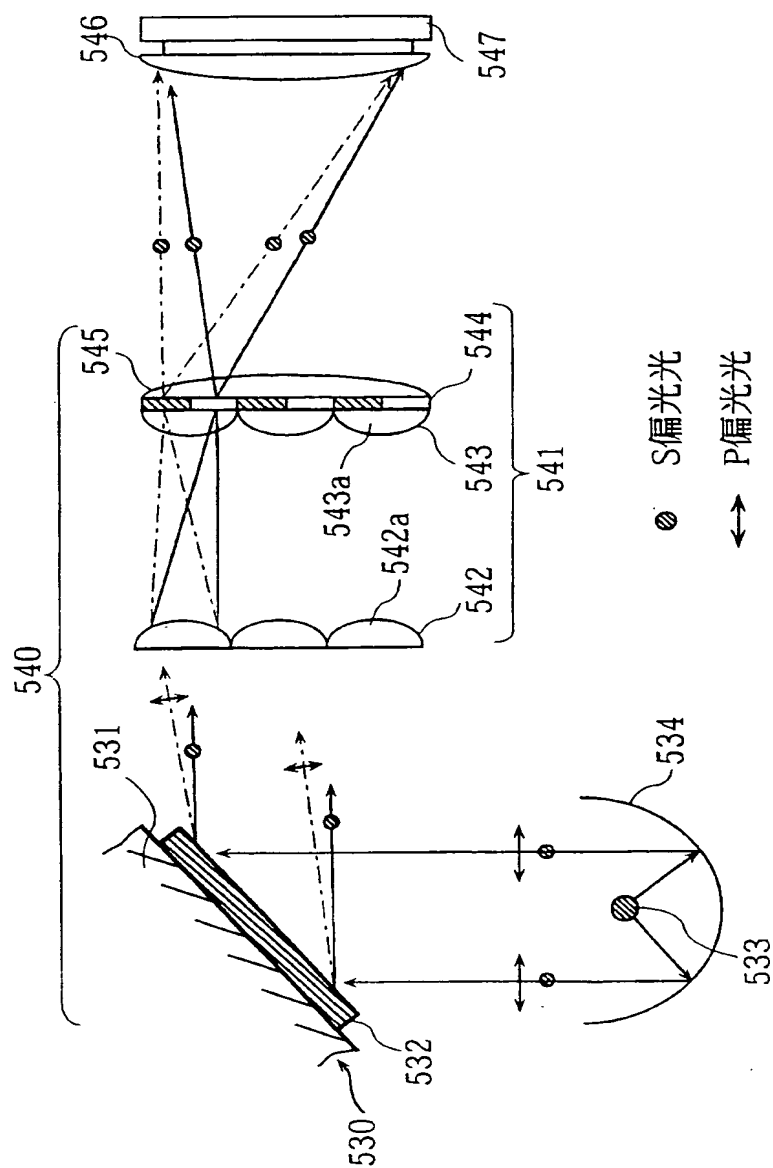


図 52

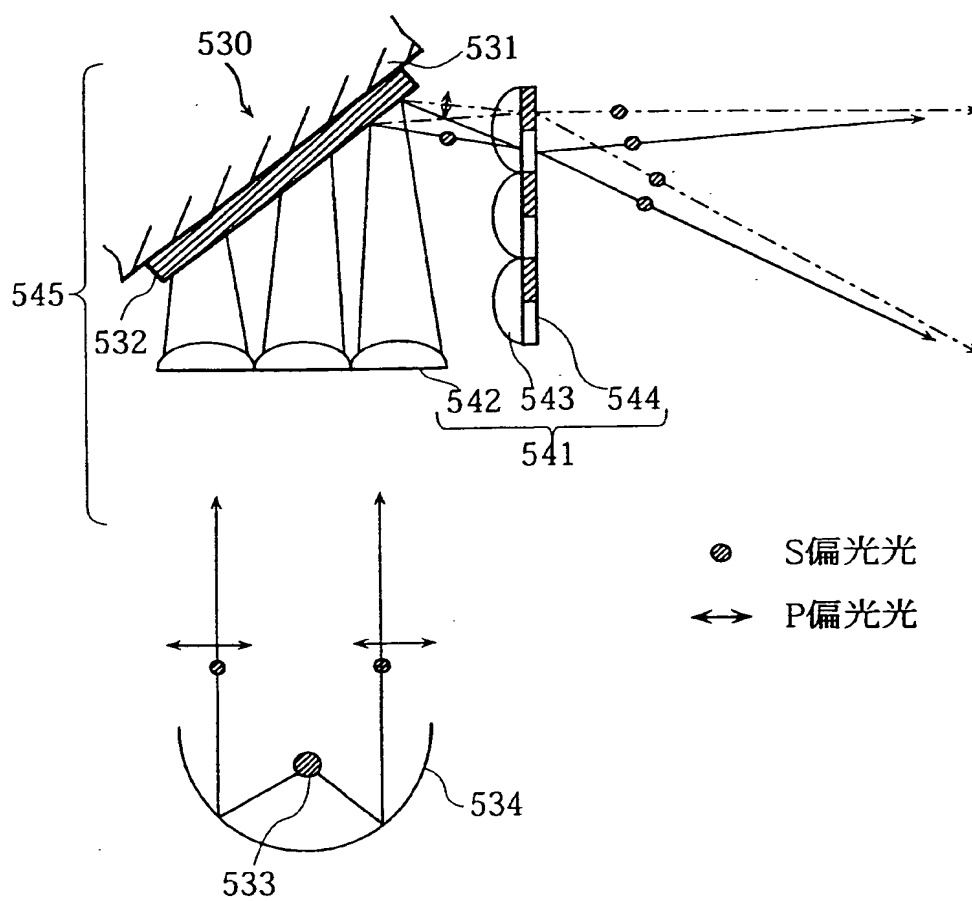


図 53

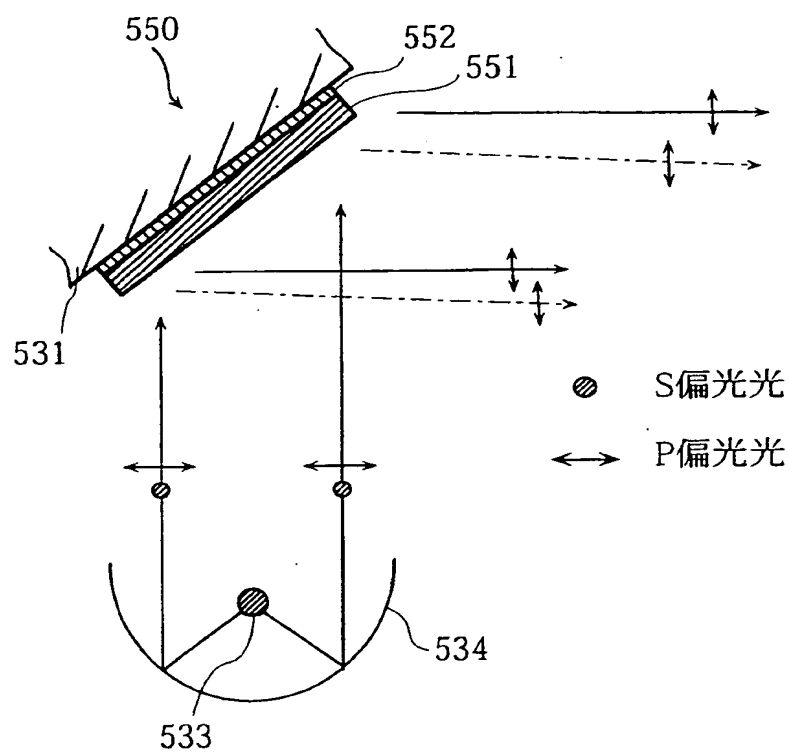


図 54

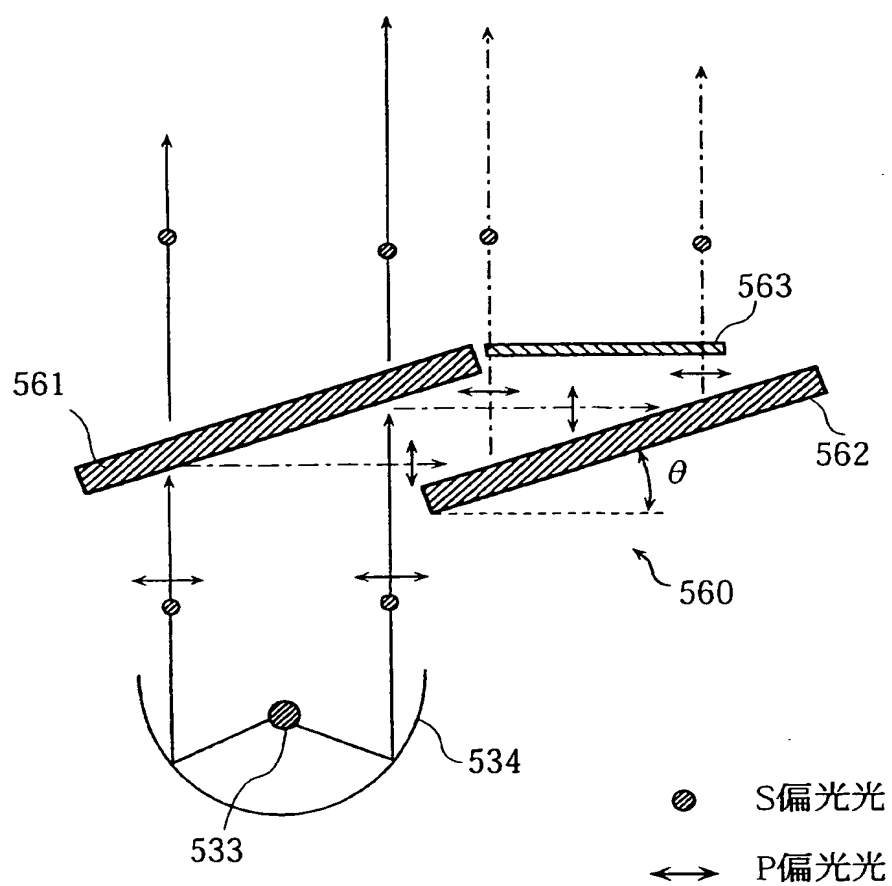


図 55

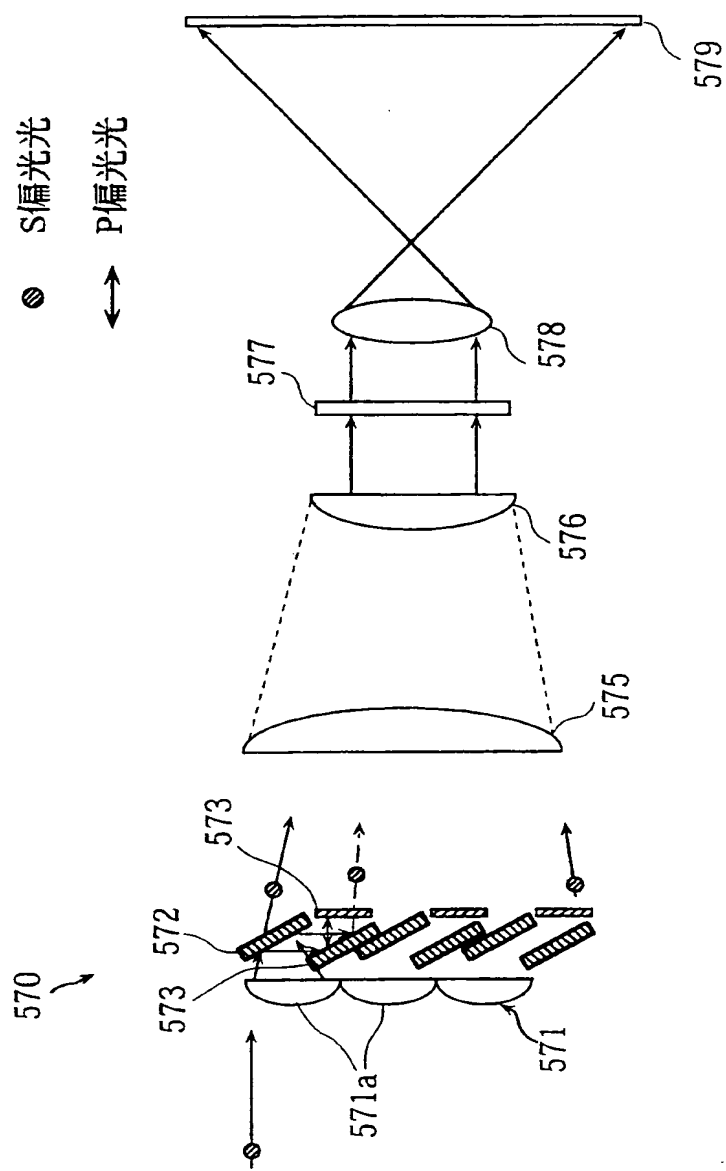


図 56

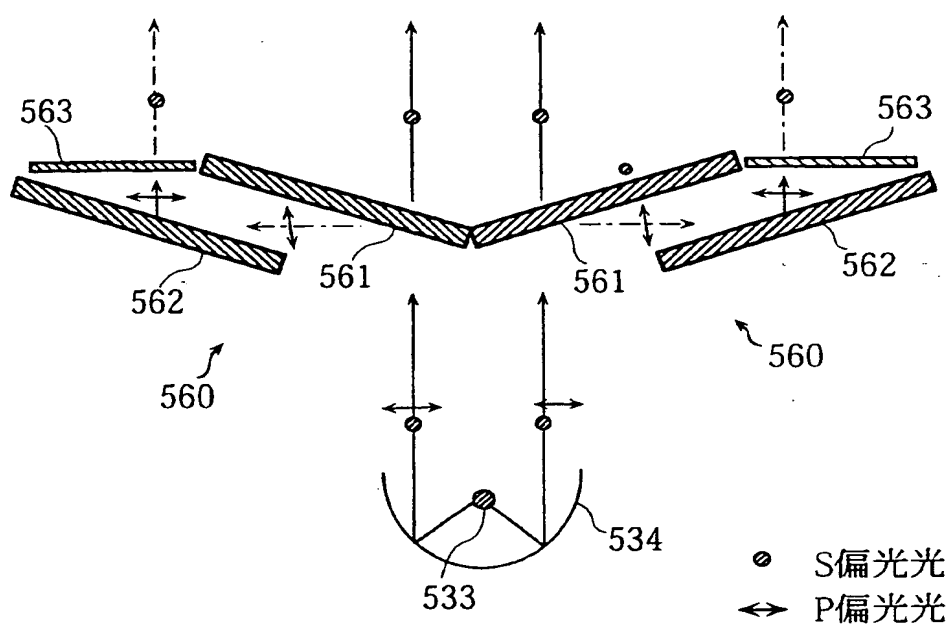
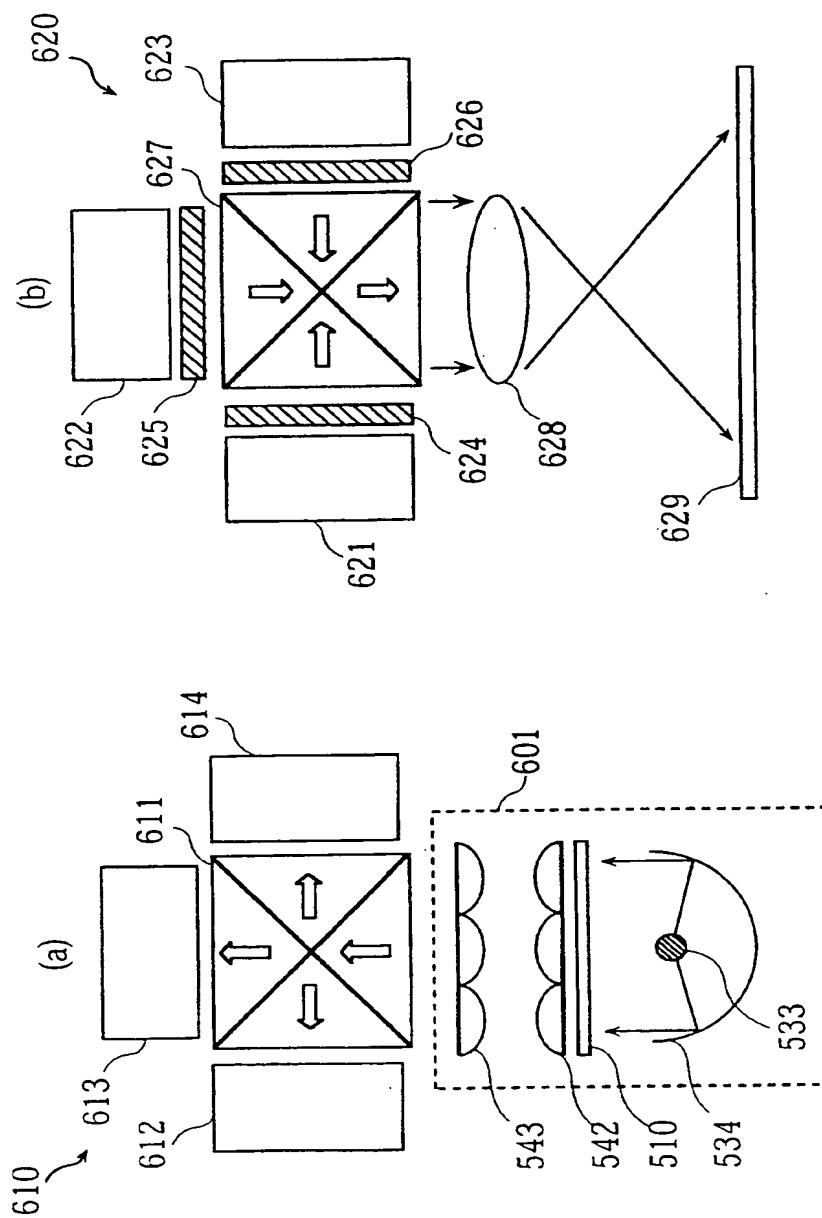


図 58



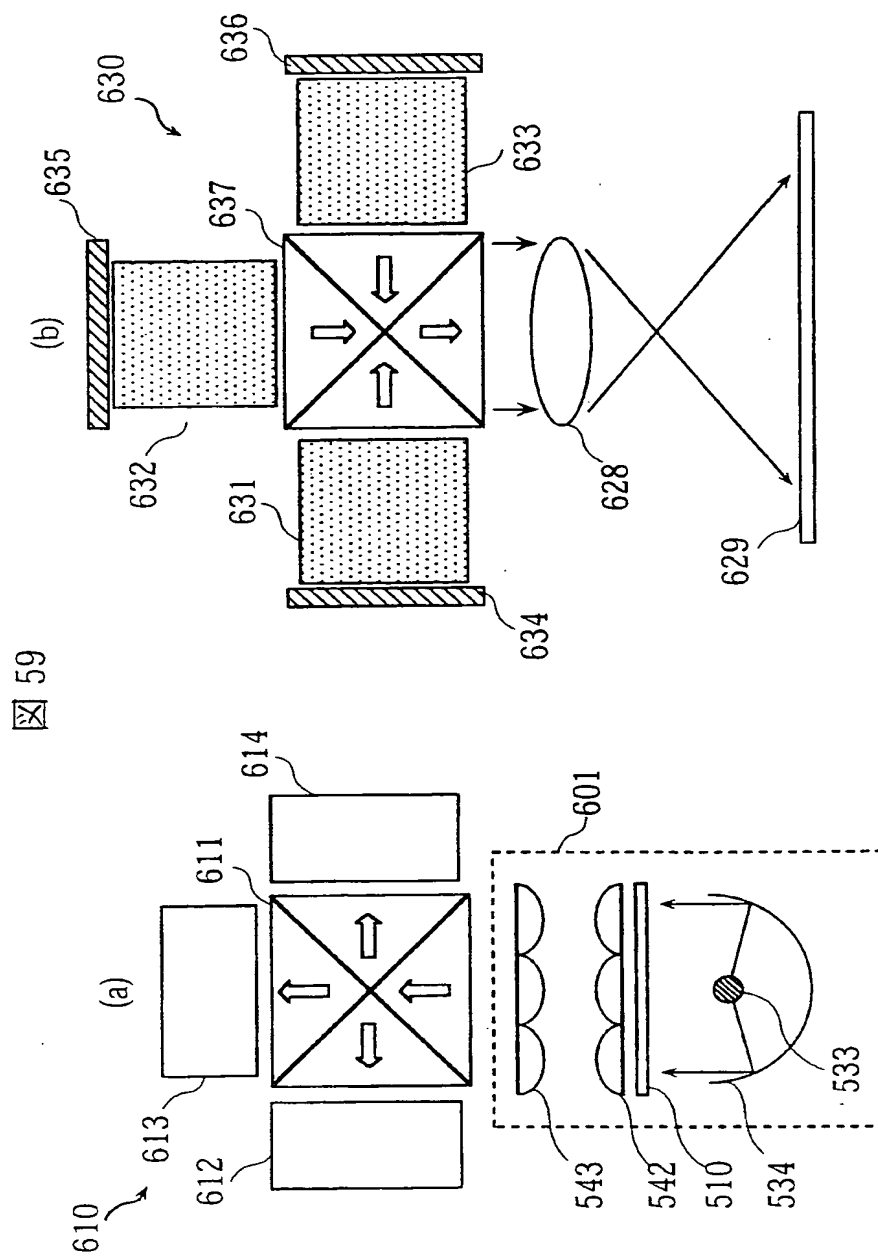


図60

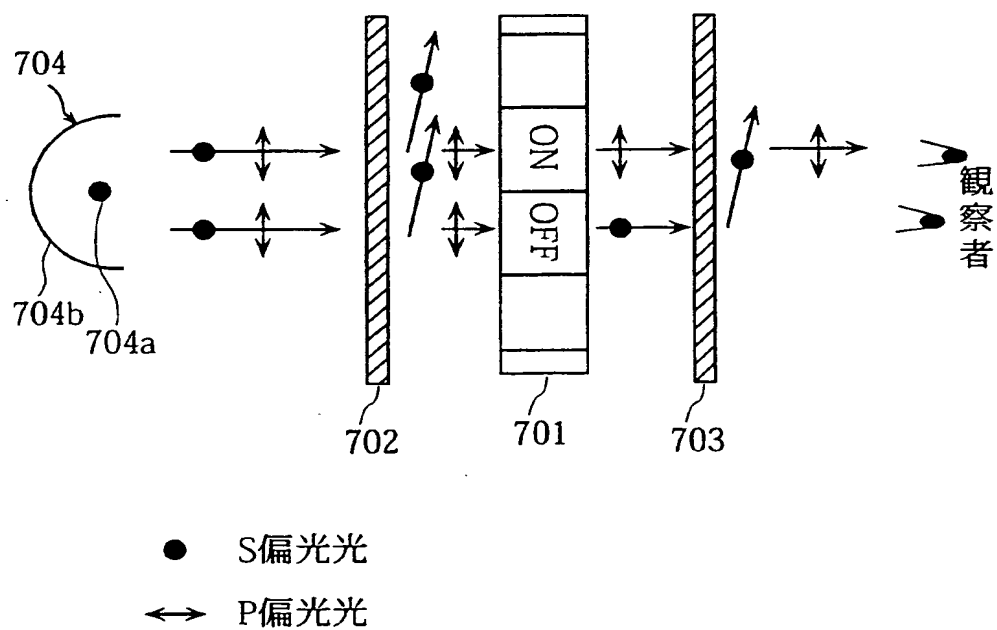


図 61

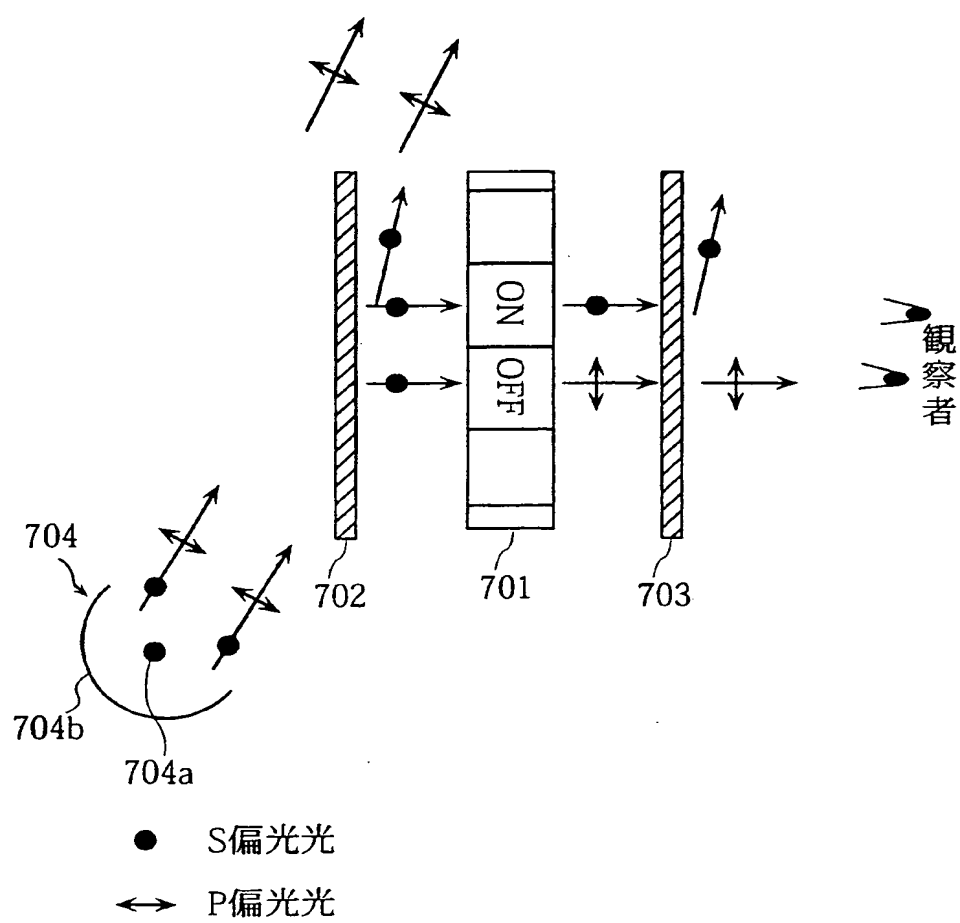


図 62

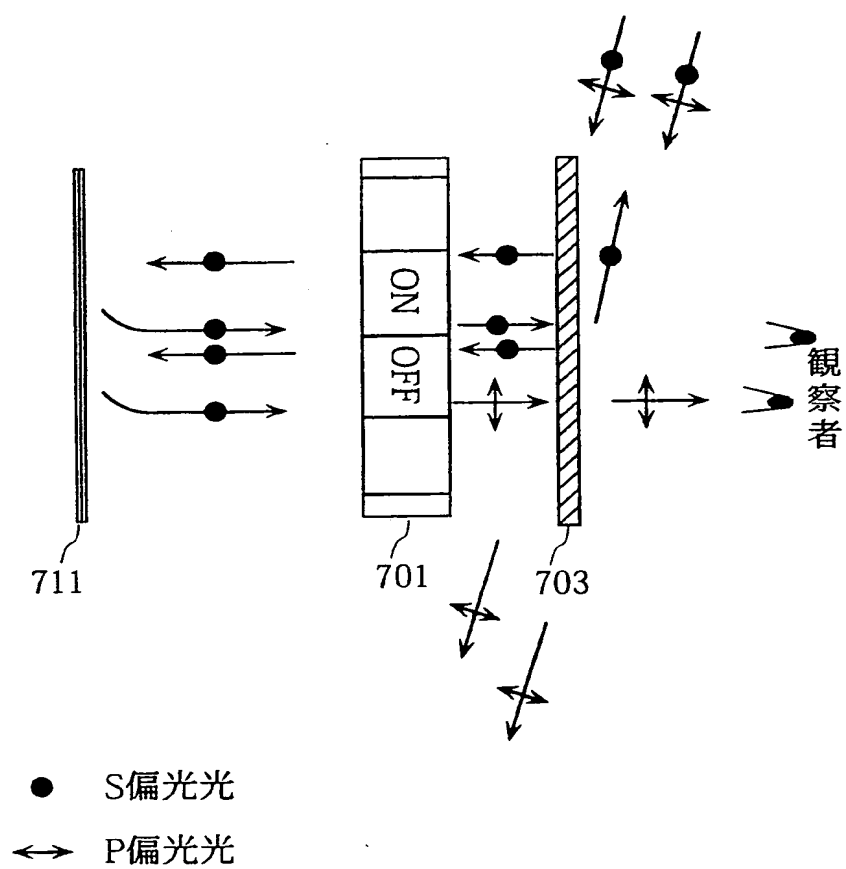


図 63

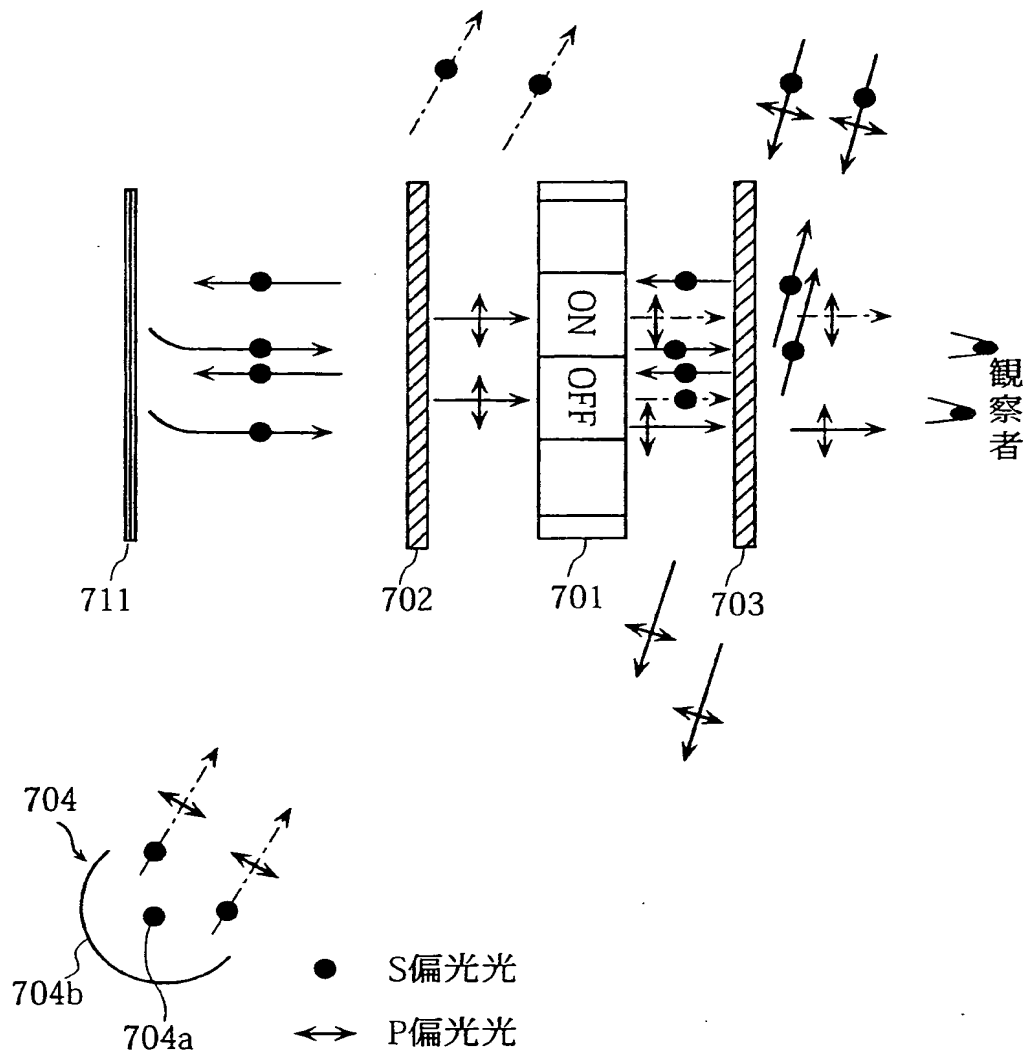


図 64

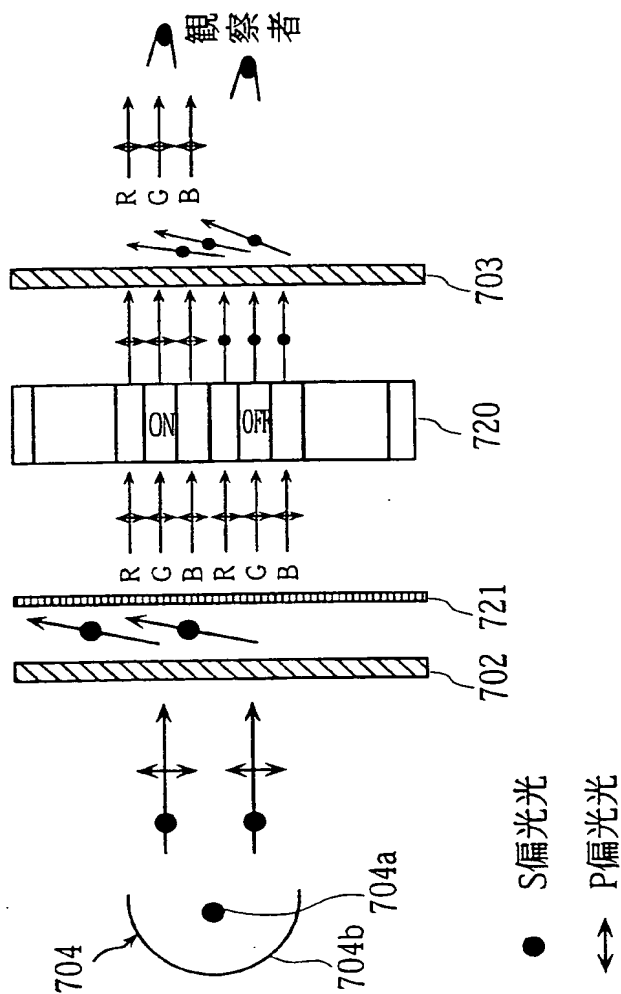


図 65

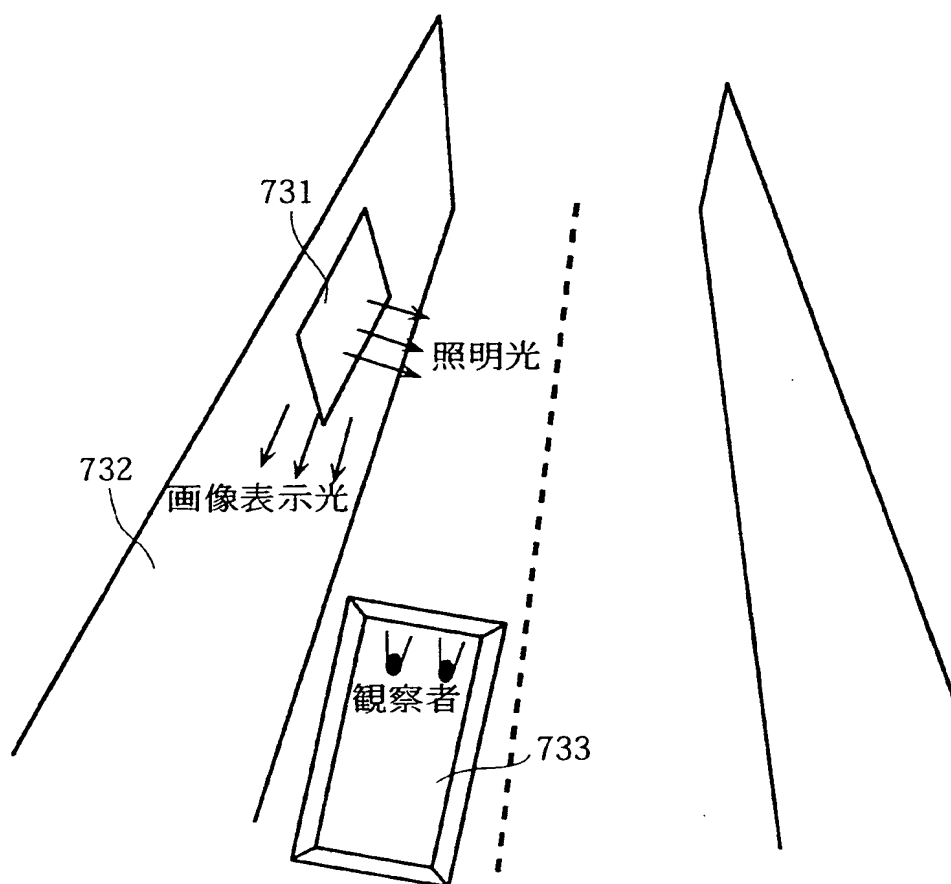


図 66

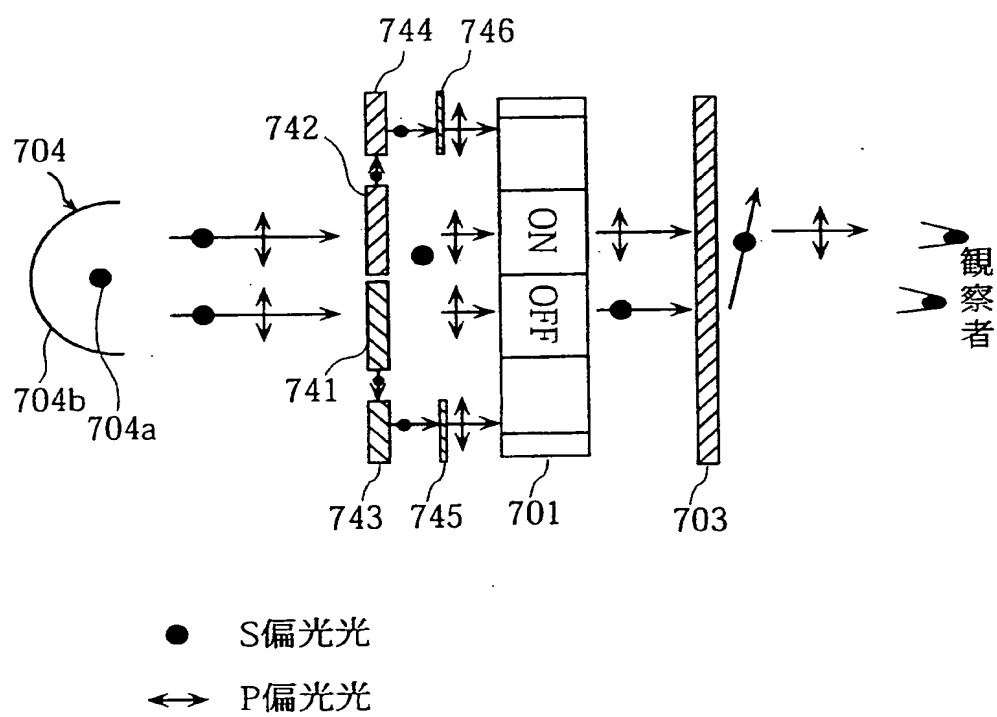
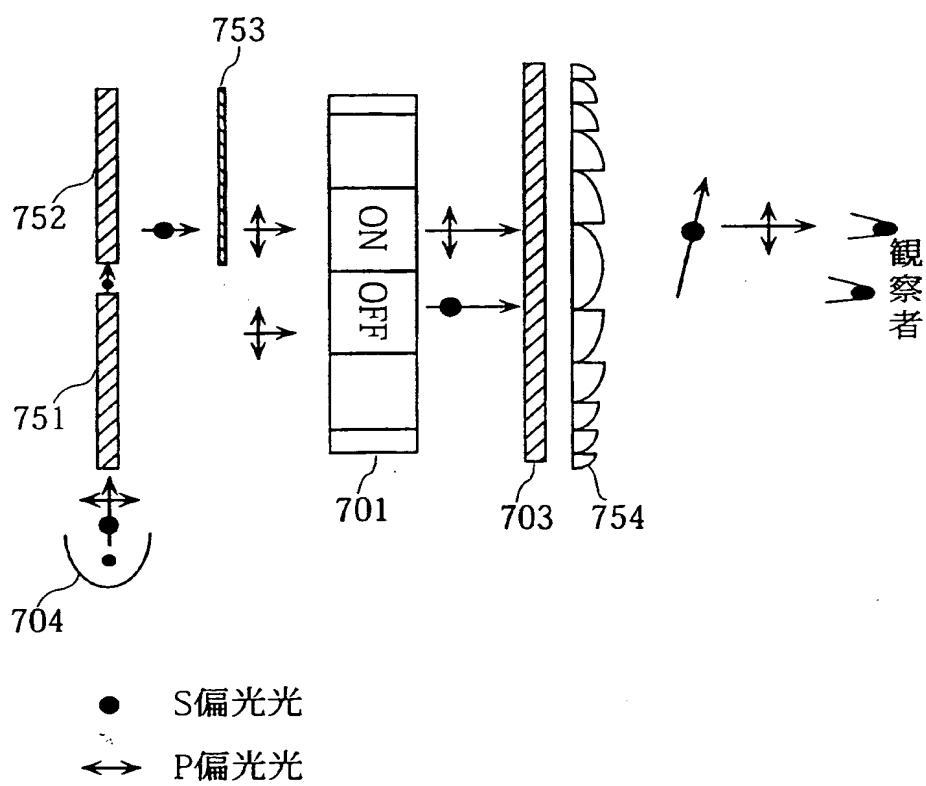


図 67



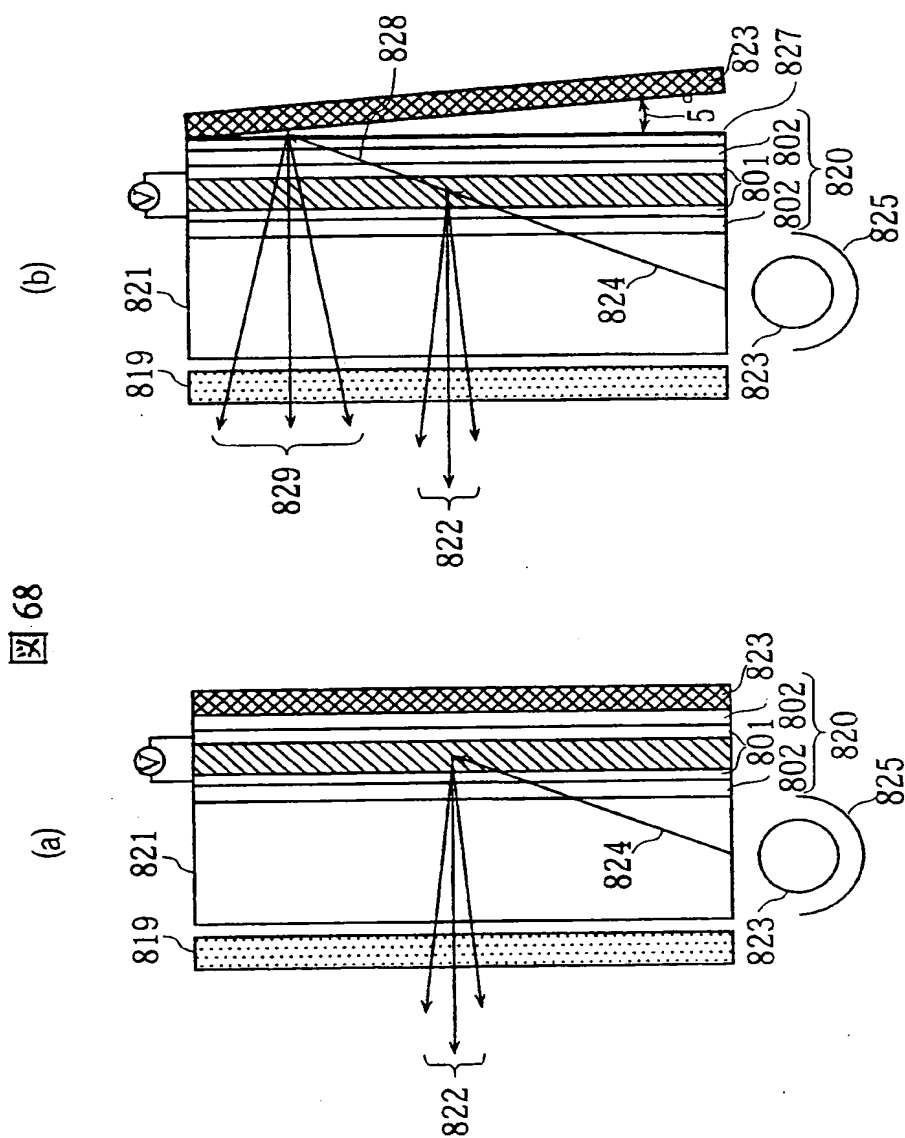


FIG. 68

図 69

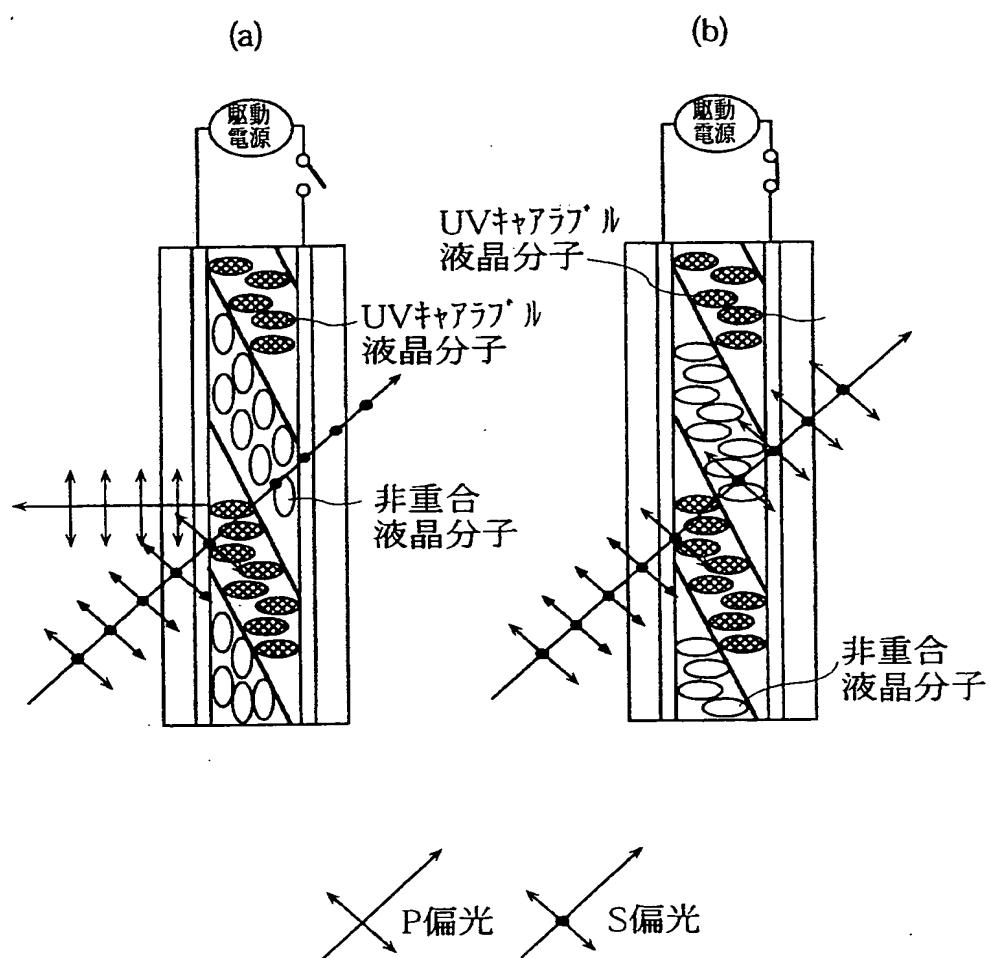


図 70

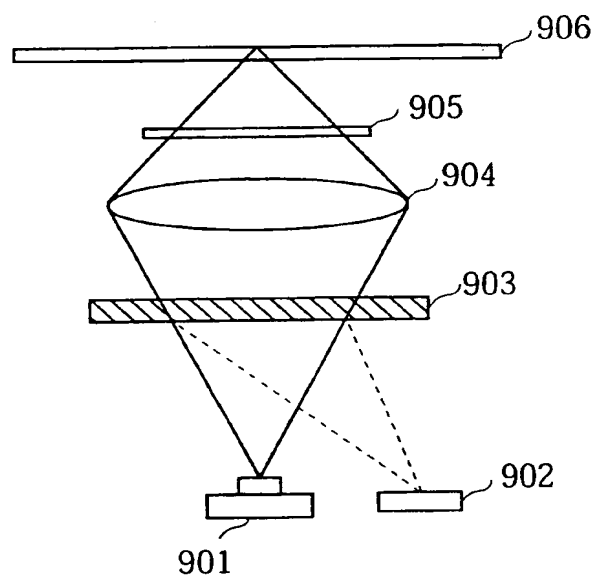


図 71

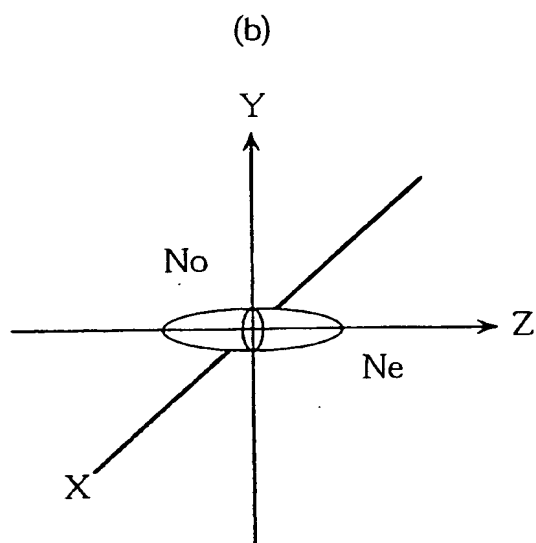
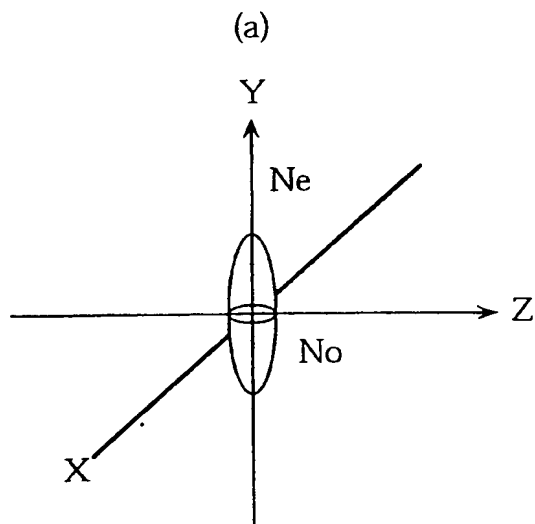


図 72

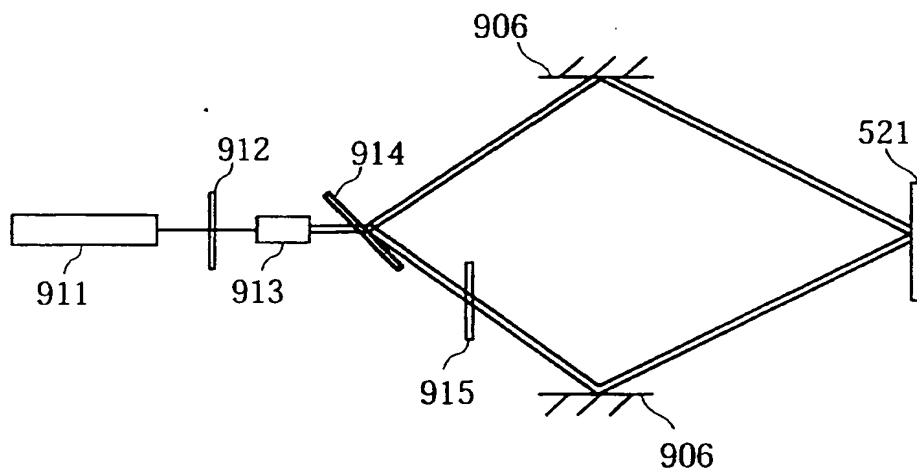


図 73

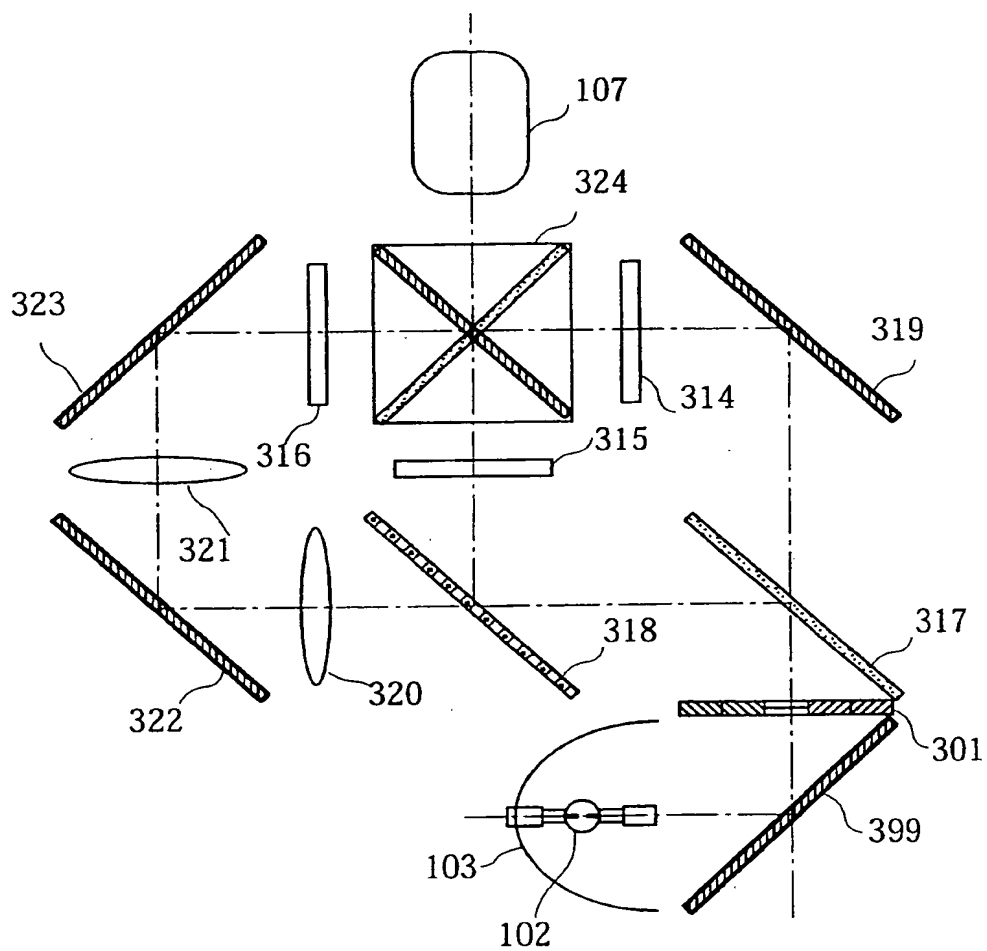


図 74

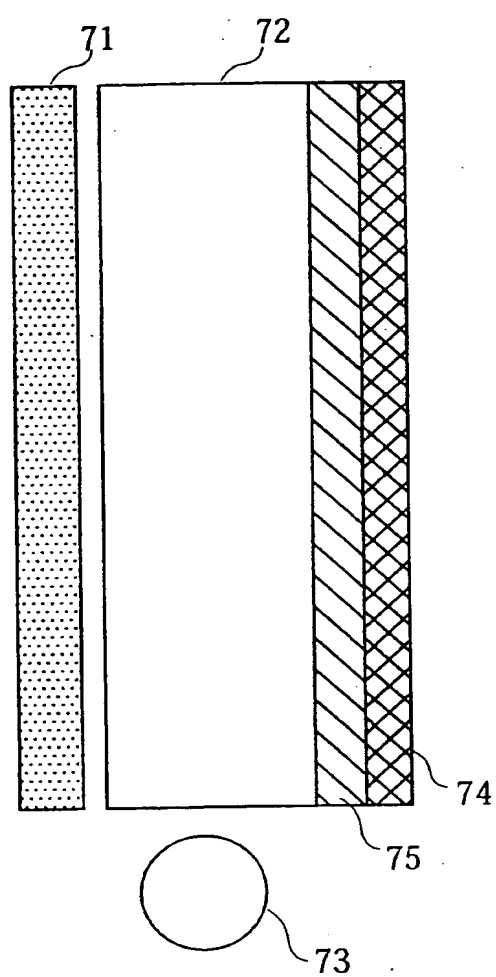


図 75

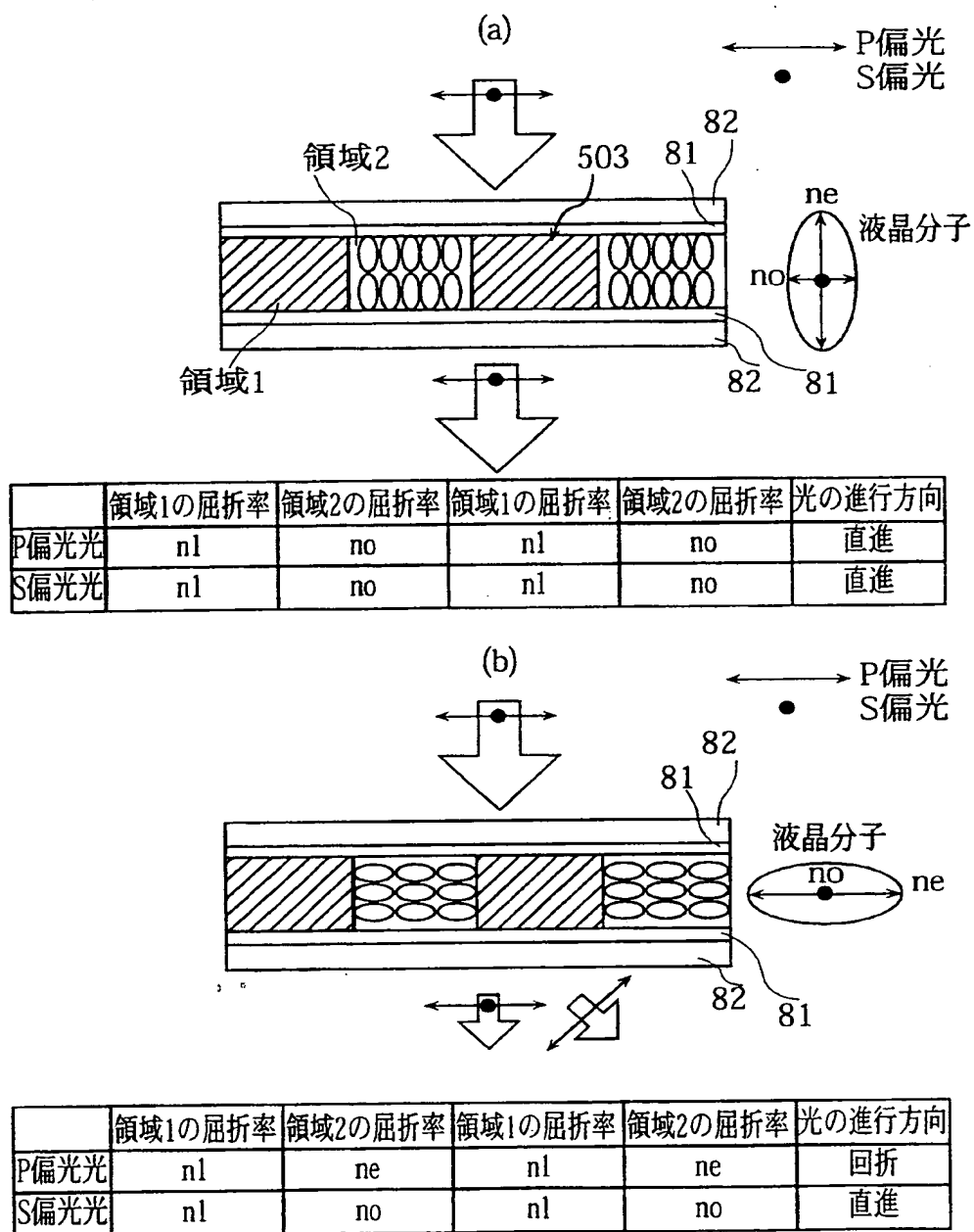
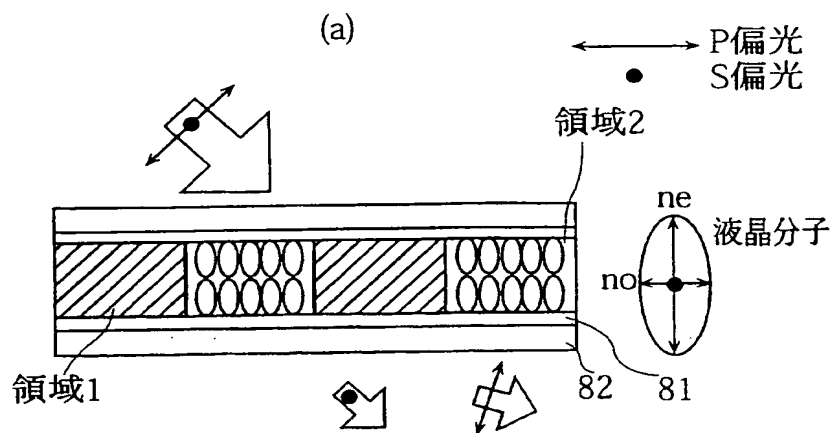


図 76



	領域1の屈折率	領域2の屈折率	領域1の屈折率	領域2の屈折率	光の進行方向
P偏光光	n_l	$n_e(\theta)$	n_l	$n_e(\theta)$	回折
S偏光光	n_l	n_o	n_l	n_o	直進

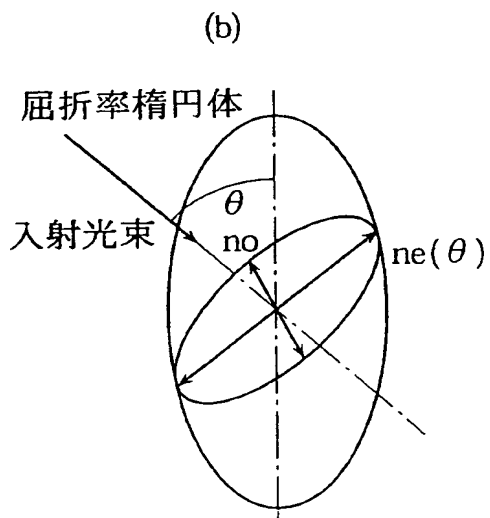


図 77

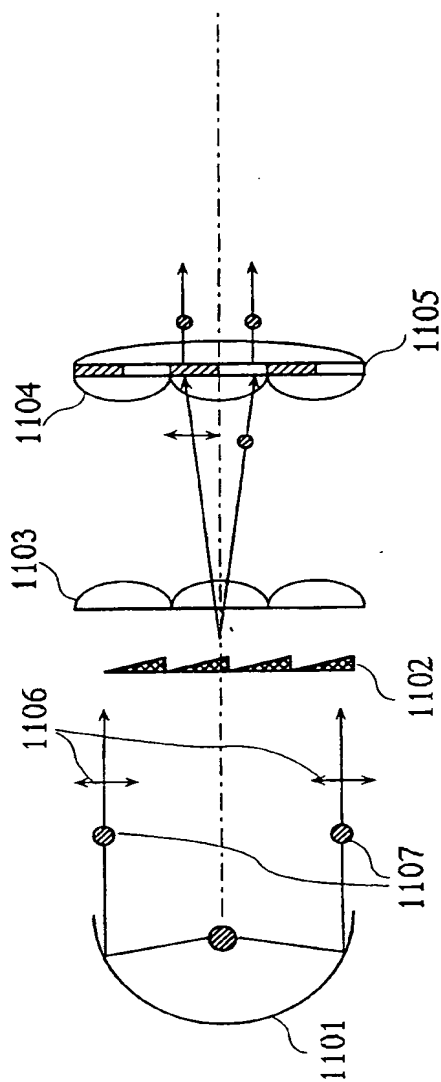


図 78

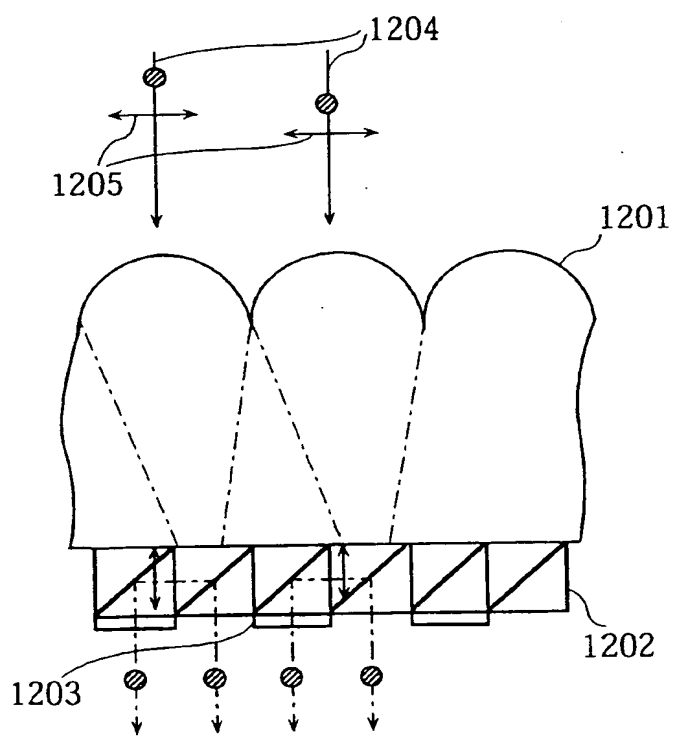
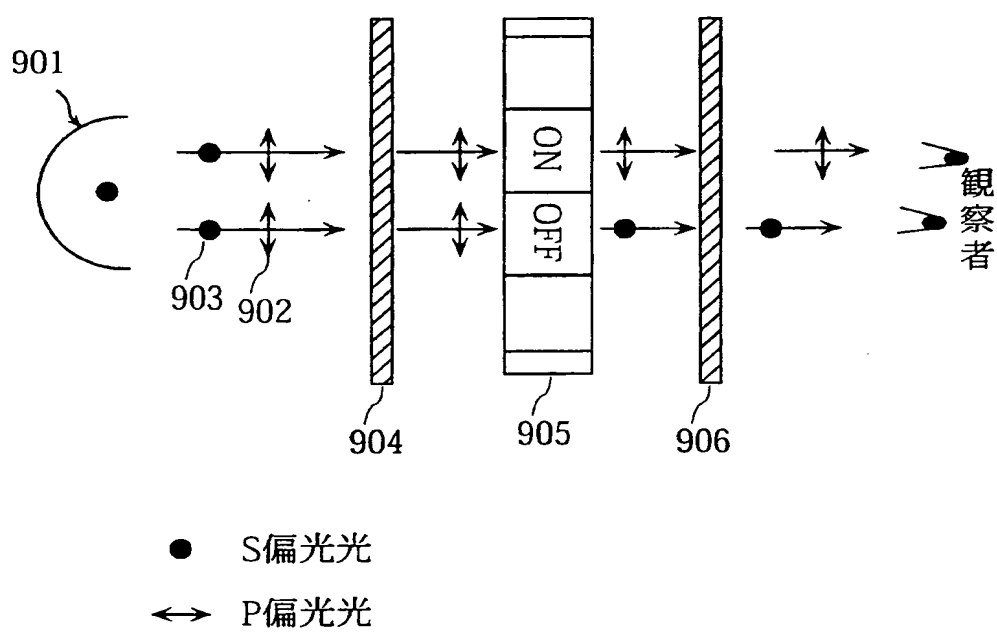


図 79



第Ⅰ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第1ページの2の続き)

法第8条第3項 (PCT 17条(2)(a)) の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
2. ☐ 請求の範囲 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅱ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第1ページの3の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところこの国際調査機関は認めた。

1. 請求の範囲1-9について
請求の範囲1-9は、材料の組成として光硬化型液晶からなる第1の領域と非硬化な液晶からなる第2の領域からなり、前記光硬化型液晶の硬化後の常光線に対する屈折率及び異常光線に対する屈折率が前記非硬化な液晶の常光線に対する屈折率及び異常光線に対する屈折率と各々略等しい点を技術的特徴を同じくする発明である。

1. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☒ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。
☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。

第Ⅱ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 の続き

2. 請求の範囲10-13、15-21について
請求項10-13、15-21は、所定の偏光成分を選択的に回折させる平板状の第1及び第2のホログラム素子を有し、2つのホログラム素子に対する入射光束と出射光束とのなす角との関係を特定した点で技術的特徴を同じくする発明である。
3. 請求の範囲14について
請求の範囲14は、発光手段、偏光分離素子及び2個の縄の目レンズを備えた照明手段を備えた投写型画像表示装置に関する発明である。
4. 請求の範囲22-25について
請求の範囲22-25は、光源と回折光学素子と全反射ミラーを備えた偏光照明装置において、回折光学素子の回折波と全反射ミラーからの反射波との伝搬方向が概ね同じ点で技術的特徴を同じくする発明である。
5. 請求の範囲26-39について
請求の範囲26-39は、光源からの出射光を偏光成分毎に透過または回折する回折光学素子と回折波をさらに回折するもう一つの回折光学素子の組と、該1組の回折光学素子の透過波または回折波のいずれか一方の光路中に配置された位相板とを備えた点で技術的特徴を同じくする発明である。
6. 請求の範囲40-53、69について
請求の範囲40-53、69は、変調度に応じて回折光学素子を出射後の光の伝搬方向が異なる作用により画像表示を行う点で技術的特徴を同じくする発明である。
7. 請求の範囲54-68について
請求の範囲54-59は、画像表示装置として、液晶素子と前記液晶素子の両側に1対の回折光学素子を備え、前記回折光学素子は所定の偏光成分を選択的に回折し、前記偏光成分と偏光方向が直交する偏光成分を透過させる回折光学素子となっている点を技術的特徴するものである。
また、請求の範囲60-68は、画像表示装置として、液晶素子と前記液晶素子の一方の側に回折光学素子を他方の側に反射手段を備え、前記回折光学素子は所定の偏光成分を選択的に回折し、前記偏光成分と偏光方向が直交する偏光成分を透過させる回折光学素子となっている点を技術的特徴とするものである。
前記1対の回折光学素子と回折光学素子と反射手段の組み合わせとでは実質的に光学的に等価な関係であると認められ、したがって、請求の範囲54-68は同じ技術的特徴を有した発明である。
8. 請求の範囲70-74について
請求の範囲70-74は、回折光学素子として、回折光学素子を透過後のレーザ光の全光量に対して1次の方向に回折される光量の割合が1/2以上となるように所定波面が形成されている回折光学素子に関する発明である。
9. 請求の範囲75-82について
請求の範囲75-82は、透明導電性電極を具備した透明絶縁性基板に挟まれた領域に屈折率異方性を有する光学媒体が封入された回折光学素子の製造方法に関する発明である。
10. 請求の範囲83-93について
請求の範囲83-93は、画像表示手段と照明手段を備えており、前記照明手段が、発光手段と集光手段と波面変換手段から構成されている画像表示装置に関する発明である。

第Ⅱ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 の続き

11. 請求の範囲94-102について

請求の範囲94-102は、特段従前の請求の範囲を引用するものではなく、参照光束と物体光束を干渉して形成される干渉縞をホログラム材料に記録するホログラム素子の製造方法に関する発明である。

12. 請求の範囲103-107について

請求の範囲103-107は、参照光が照明手段からの出力光束と略等価な波面を有する光束であることを特徴とするホログラム素子に関する発明である。

13. 請求の範囲108-113について

請求の範囲108-113は、特段従前の請求の範囲の記載を引用するものではなく、ホログラム素子、ホログラム素子を照明する照明手段、画像を表示する画像表示手段とを備えた画像表示装置に関する発明である。

14. 請求の範囲114-118について

請求の範囲114-118は、複数の微小領域からなる回折光学素子に関する発明である。

15. 請求の範囲119-122について

請求の範囲119-122は、特段従前の請求の範囲の記載を引用するのではなく、回折光学素子と画像表示手段を備え、前記回折光学素子の出力光束は、前記画像表示手段上で互いに重なり合い、かつ、出力光束が互いに重なり合った形状が、画像表示手段の画像表示領域と等しい大きさの矩形となっている画像表示装置に関する発明である。

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP98/04701

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int.Cl. ⁶ G02B5/32, G02B5/30, G02B5/18, G02F1/13, G11B7/135, G09F9/00, G03H1/04, H04N5/74, H04N9/31, G02B3/00, F21V8/00, G02F1/1333 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) Int.Cl. ⁶ G02B5/32, G02B5/30, G02B5/18, G02F1/13, G11B7/135, G09F9/00, G03H1/04, H04N5/74, H04N9/31, G02B3/00, F21V8/00, G02F1/1333 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1926-1998 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-1998 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-1998 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP, 5-181403, A (Asahi Glass Co., Ltd.), 23 July, 1993 (23. 07. 93), Page 2, left column, lines 2 to 31 (Family: none)	1-9, 11-13, 16-18, 35-37, 46-49, 64-66, 73, 75, 77-82
P, Y	JP, 9-288206, A (Teijin Ltd.), 4 November, 1997 (04. 11. 97), Page 2, left column, lines 2 to 18 (Family: none)	1-9, 11-13, 16-18, 35-37, 46-49, 64-66, 73, 75, 77-82
P, Y	JP, 9-281330, A (Asahi Glass Co., Ltd.), 31 October, 1997 (31. 10. 97), Page 2, left column, lines 2 to 25 (Family: none)	1-9, 11-13, 16-18, 35-37, 46-49, 64-66, 73, 75, 77-82
Y	JP, 7-114031, A (Sharp Corp.), 2 May, 1995 (02. 05. 95), Page 2, left column, line 2 to right column, line 21 ; page 3, right column, line 26 to page 4, left column, line 15 (Family: none)	1-9, 11-13, 16-18, 35-37, 46-49, 64-66, 73, 75, 77-82
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family
Date of the actual completion of the international search 15 February, 1999 (15. 02. 99)		Date of mailing of the international search report 23 February, 1999 (23. 02. 99)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP98/04701

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP, 8-76077, A (Toshiba Corp.), 22 March, 1996 (22. 03. 96), Page 2, left column lines 2 to 41 (Family: none)	1-9, 11-13, 16-18, 35-37, 46-49, 64-66, 73, 75, 77-82
Y	JP, 5-173196, A (Nippon Telegraph & Telephone Corp.), 13 July, 1993 (13. 07. 93), Page 2, left column, line 2 to right column, line 4 (Family: none)	1-9, 11-13, 16-18, 34-37, 45-49, 63-66, 71-73, 75, 77-82
P, Y	JP, 9-324259, A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 16 December, 1997 (16. 12. 97), Page 2, left column, lines 2 to 28 (Family: none)	1-9, 11-13, 16-18, 35-37, 46-49, 64-66, 73, 75, 77-82
P, Y	JP, 10-10306, A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 16 January, 1998 (16. 01. 98), Page 2, left column lines 2 to 40 (Family: none)	1-9, 11-13, 16-18, 35-37, 46-49, 64-66, 73, 75, 77-82
Y	JP, 6-281815, A (Nippon Telegraph & Telephone Corp.), 7 October, 1994 (07. 10. 94), Page 2, left column lines 2 to 19 (Family: none)	1-13, 15-19, 34-37, 45-49, 63-66, 71-73, 75, 77-82
A	JP, 3-111806, A (N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken), 13 May, 1993 (13. 05. 93) & EP, 395156, A & NL, 8901077, A & CN, 1048106, A & US, 5098184 A	14-21, 83-93
A	JP, 5-346557, A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 27 December, 1993 (27. 12. 93) (Family: none)	14-21, 83-93
Y	JP, 5-107505, A (Canon Inc.), 30 April, 1993 (30. 04. 93), Page 2, left column, line 2 to page 4, left column, line 26 (Family: none)	8, 14, 19-33, 38-39, 83-93
Y	JP, 6-202094, A (Seiko Epson Corp.), 22 July, 1994 (22. 07. 94), Page 2, left column, line 2 to right column, line 6 (Family: none)	8, 14, 19-33, 38-39, 83-93
A	JP, 7-294906, A (Nippon Hoso Kyokai), 10 November, 1995 (10. 11. 95) (Family: none)	14, 19-33
Y	JP, 8-234205, A (Seiko Epson Corp.), 13 September, 1996 (13. 09. 96), Page 2, left column, line 2 to page 4, left column, line 36 & WO, 96/20422, A & JP, 8-220475, A & JP, 8-304739, A & EP, 753780, A & TW, 293882, A	8, 14, 19-33, 38-39, 83-93

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP98/04701

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP, 9-105936, A (Sony Corp.), 22 April, 1997 (22. 04. 97), Page 2, left column, lines 2 to 48 (Family: none)	8, 14, 19-33, 38-39, 83-93
Y	JP, 1-281426, A (Seiko Epson Corp.), 13 November, 1989 (13. 11. 89), Page 1, lower left column, line 6 to lower right column, line 1 (Family: none)	14, 19-33, 83-93, 103-122
Y	JP, 3-140920, A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 14 June, 1991 (14. 06. 91), Page 1, lower left column, line 6 to page 2, upper left column, line 7 (Family: none)	14, 19-33, 83-93, 103-122
Y	JP, 4-251221, A (Mitsubishi Electric Corp.), 7 September, 1992 (07. 09. 92), Page 2, left column, line 2 to right column, line 3 (Family: none)	14, 19-33, 83-93, 103-122
Y	JP, 9-185057, A (Canon Inc.), 15 July, 1997 (15. 07. 97), Page 2, left column, line 2 to right column, line 26 (Family: none)	8, 14-39
Y	EP, 788006, A (TEXAS INSTRUMENTS INCORPORATED), 6 August, 1997 (06. 08. 97), Page 4, left column, line 50 to page 5, left column, line 39 & JP, 10-10466, A	14, 19-21, 83-107, 114-122
Y	JP, 7-234316, A (Dainippon Printing Co., Ltd.), 5 September, 1995 (05. 09. 95), Page 2, left column, line 2 to page 3, left column, line 2 (Family: none)	10-13, 15-19, 70-82
Y	JP, 5-241103, A (NEC Corp.), 21 September, 1993 (21. 09. 93), Page 2, left column, lines 2 to 33 (Family: none)	26-38
Y	JP, 9-146064, A (Minolta Co., Ltd.), 6 June, 1997 (06. 06. 97), Page 2, left column, lines 2 to 23 (Family: none)	14-39, 83-93
Y	JP, 8-292506, A (Victor Co. of Japan, Ltd.), 5 November, 1996 (05. 11. 96), Page 2, left column, lines 2 to 15 (Family: none)	67, 83-122
Y	JP, 9-105899, A (Denso Corp.), 22 April, 1997 (22. 04. 97), Page 2, left column, line 2 to right column, line 6 (Family: none)	67, 83-122
Y	JP, 6-222361, A (Dainippon Printing Co., Ltd.), 12 August, 1994 (12. 08. 94), Page 2, left column, lines 2 to 40 (Family: none)	67, 83-122

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP98/04701

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP, 9-73014, A (Dainippon Printing Co., Ltd.), 18 March, 1997 (18. 03. 97), Page 2, left column, line 2 to page 3, left column, line 14 & EP, 752600, A & JP, 9-68705, A	67, 83-122
Y	JP, 8-220656, A (Sharp Corp.), 30 August, 1996 (30. 08. 96), Page 2, lines 2 to 22 & EP, 726681, A & JP, 8-297327, A & US, 5760850, A & JP, 9-146091, A	67, 83-122
A	US, 5161039, A (Franklin M. Schellenberg), 3 November, 1992 (03. 11. 92), Claims 1 to 22 (Family: none)	70-82
Y	JP, 8-234143, A (Sharp Corp.), 13 September, 1996 (13. 09. 96), Page 2, left column, line 2 to right column, line 47 & EP, 720040, A & GB, 2296808, A & US, 5828471, A	1-9, 22-25, 103-122
P, Y	JP, 9-288844, A (Asahi Glass Co., Ltd.), 4 November, 1997 (04. 11. 97), Page 2, left column, lines 2 to 34 (Family: none)	1-9, 70-82
Y	JP, 5-109111, A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 30 April, 1993 (30. 04. 93), Page 2, left column, line 2 to right column, line 32 (Family: none)	1-9, 70-82
Y	JP, 9-189809, A (Victor Co. of Japan, Ltd.), 22 July, 1997 (22. 07. 97), Page 2, left column, line 2 to page 3, right column, line 14 & EP, 777136, A	67, 83-122
Y	JP, 9-146092, A (Hitachi, Ltd.), 6 June, 1997 (06. 06. 97), Page 2, left column, line 2 to right column, line 42 & KR, 97059780, A	1-9, 22-39
Y	JP, 9-101414, A (Toppan Printing Co., Ltd.), 15 April, 1997 (15. 04. 97), Page 2, left column, lines 2 to 20 (Family: none)	83-122
Y	JP, 5-203894, A (Fujitsu General Ltd.), 13 August, 1993 (13. 08. 93), Page 2, left column, lines 2 to 22 (Family: none)	14-39
Y	JP, 4-230733, A (Thomson-CSF), 19 August, 1992 (19. 08. 92), Page 2, left column, lines 2 to 11 & EP, 451034, A & FR, 2660448, A & US, 5134516, A & DE, 69109730, A	40-69

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP98/04701

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP, 9-203897, A (Dainippon Printing Co., Ltd.), 5 August, 1997 (05. 08. 97), Page 2, left column, lines 2 to 33 (Family: none)	40-69
Y	JP, 4-303822, A (Yazaki Corp.), 27 October, 1992 (27. 10. 92), Page 2, left column lines 2 to 18 (Family: none)	83-102
Y	JP, 8-271892, A (Nitto Denko Corp.), 18 October, 1996 (18. 10. 96), Page 2, left column, lines 2 to 38 (Family: none)	22-39
Y	JP, 9-171157, A (Satoru Nakayama), 30 June, 1997 (30. 06. 97), Page 2, lines 2 to 25 (Family: none)	14, 19-39
Y	JP, 61-246940, A (Fujitsu Ltd.), 4 November, 1986 (04. 11. 86), Page 1, lower left column, lines 5 to 14 (Family: none)	70-122
Y	JP, 5-150202, A (Sharp Corp.), 18 June, 1993 (18. 06. 93), Page 2, left column, lines 2 to 9 (Family: none)	83-122
Y	JP, 4-367836, A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 21 December, 1992 (21. 12. 92), Page 2, left column, lines 2 to 27 (Family: none)	83-122
Y	JP, 9-146066, A (Sharp Corp.), 6 June, 1997 (06. 06. 97), Page 2, left column lines 2 to 19 (Family: none)	83-122
Y	JP, 7-13475, A (Nippondenso Co., Ltd.), 17 January, 1995 (17. 01. 95), Page 2, left column, lines 2 to 11 (Family: none)	83-122
Y	JP, 62-212940, A (Fujitsu Ltd.), 18 September, 1987 (18. 09. 87), Page 1, lower left column, line 2 to lower right column, line 6 (Family: none)	70-82
Y	JP, 3-225636, A (NEC Corp.), 4 October, 1991 (04. 10. 91), Page 1, lower left column, line 5 to page 2, upper left column, line 2 (Family: none)	70-82
Y	JP, 4-298837, A (NEC Corp.), 22 October, 1992 (22. 10. 92), Page 2, left column, lines 2 to 18 (Family: none)	70-82
Y	JP, 2-183125, A (Seiko Epson Corp.), 17 July, 1990 (17. 07. 90), Page 1, lower left column, lines 5 to 9 (Family: none)	70-82

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP98/04701

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP, 6-103632, A (Sharp Corp.), 15 April, 1994 (15. 04. 94), Page 2, left column, lines 2 to 16 (Family: none)	70-82

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP98/04701

Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 1 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 2 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1. Concerning claims 1-9:
The inventions of claims 1-9 have the same technical feature that the composition of the material comprises a first region of photosetting liquid crystal and a second region of non-setting liquid crystal, and the refractive indices of ordinary and extraordinary rays in the photoset liquid crystal are almost the same as those in the non-setting liquid crystal.
2. Concerning claims 10-13, 15-21:
The inventions of claims 10-13, 15-21 have the same technical feature that first and second plate-like hologram elements for selectively
1. ☒ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest ☒ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP98/04701

Continuation of Box No. II of continuation of first sheet (1)

diffracting a predetermined polarized component are provided, and the relationship between the angles formed by the input and output light beams entering and exiting the two hologram elements is specified.

3. Concerning claim 14:

The invention of claim 14 relates to a projection image display which comprises illuminating means having light emitting means, polarization separating means, and two fly-eye lenses.

4. Concerning claims 22-25:

The inventions of claims 22-25 have the same technical feature that, in the polarization illuminating device having a light source, a diffraction optical element, and a total reflection mirror, the direction of propagation of the diffracted waves diffracted by the diffraction optical element is almost the same as that of the reflected waves reflected from the total reflection mirror.

5. Concerning claims 26-39:

The inventions of claims 26-39 have the same technical feature that there are provided a pair of diffraction optical element for transmitting or diffracting the output light beam from the light source for each polarized component and a diffraction optical element for further diffracting the diffracted waves, and a phase plate disposed in an optical path of either of the transmitted and diffracted light beams from the pair of the diffraction optical elements.

6. Concerning claims 40-53, 69:

The inventions of claims 40-53, 69 have the same technical feature that image display is performed by the action that the direction of propagation of the light exiting a diffraction optical element is varied according to the degree of modulation.

7. Concerning claims 54-68:

The inventions of claims 54-68 have the same technical feature that the image display includes a liquid crystal element and a pair of diffraction optical elements arranged on both sides of the liquid crystal element, the diffraction optical elements selectively diffract a predetermined polarized component and transmit a polarized component of which the direction of polarization is orthogonal to that of the predetermined polarized component.

The inventions of claims 60-68 have the same technical feature that the image display includes a liquid crystal element, a diffraction optical element disposed on one side of the liquid crystal element, and reflecting means on the other side, the diffraction optical element selectively diffracts a predetermined polarized component and transmits a polarized component of which the direction of polarization is orthogonal to that of the predetermined polarized component.

The paired diffraction optical elements are deemed as optically equivalent to the combination of the diffraction optical element and the reflecting means, and therefore the inventions of claims 54-68 have the same technical feature.

8. Concerning claims 70-74:

The inventions of claims 70-74 relate to a diffraction optical element forming a wave front so that the intensity of light diffracted in the primary direction may be greater than half the overall intensity of the laser beam transmitted through the diffraction optical element.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP98/04701

Continuation of Box No. II of continuation of first sheet (1)

9. Concerning claims 75-82:

The inventions of claims 75-82 relate to a method of producing a diffraction optical element comprising a region located between transparent insulating substrates provided with transparent conductive electrodes and filled with a medium having an anisotropic diffraction index.

10. Concerning claims 83-93:

The inventions of claims 83-93 relate to an image display comprising image displaying means and illuminating means made up of light emitting means, light collecting means, and wave front converting means.

11. Concerning claims 94-102:

Claims 94-102 do not refer to one or more other claims, and the inventions of claims 94-102 relate to a method of producing a hologram element for recording on a hologram material the interference fringes formed by the interference of the reference beam with the object beam.

12. Concerning claims 103-107:

The inventions of claims 75-82 relate to a hologram element characterized in that the reference beam has a wave front approximately equivalent to that of the output beam from the illuminating means.

13. Concerning claims 108-113:

Claims 108-113 do not refer to one or more other claims, and the inventions of claims 108-113 relate to an image display comprising a hologram element, illuminating means for illuminating the hologram element, image displaying means for displaying an image.

14. Concerning claims 114-118:

The inventions of claims 114-118 relate to diffraction optical element comprising microregions.

15. Concerning claims 119-122:

Claims 119-122 do not refer to one or more other claims, and the inventions of claims 119-122 relate to an image display comprising diffraction optical elements and image displaying means, wherein the output light beams from the diffraction optical elements overlap with each other, and the shape of the overlapping is a rectangle as large as the image displaying region of the image displaying means.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int. Cl ⁸ G02B5/32, G02B5/30, G02B5/18, G02F1/13, G11B7/135, G09F9/00, G03H1/04, H04N5/74, H04N9/31, G02B3/00, F21V8/00, G02F1/1333		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int. Cl ⁸ G02B5/32, G02B5/30, G02B5/18, G02F1/13, G11B7/135, G09F9/00, G03H1/04, H04N5/74, H04N9/31, G02B3/00, F21V8/00, G02F1/1333		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1926-1998年 日本国公開実用新案公報 1971-1998年 日本国登録実用新案公報 1994-1998年		
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P, 5-181403, A (旭硝子株式会社), 23. 7 月. 1993 (23. 07. 93), 第2頁左欄第2行-第31 行, (ファミリーなし)	1-9, 11-13, 16-18, 35-37, 46-49, 64-66, 73, 75, 77-82
P, Y	J P, 9-288206, A (帝人株式会社), 4. 11月. 1997 (04. 11. 97), 第2頁左欄第2行-第18行, (ファミリーなし)	1-9, 11-13, 16-18, 35-37, 46-49, 64-66, 73, 75, 77-82
P, Y	J P, 9-281330, A (旭硝子株式会社), 31. 10 月. 1997 (31. 10. 97), 第2頁左欄第2行-第25 行, (ファミリーなし)	1-9, 11-13, 16-18, 35-37, 46-49, 64-66, 73, 75, 77-82
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 15. 02. 99	国際調査報告の発送日 23.02.99	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号 100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 森内 正明 印	2 H 9222
電話番号 03-3581-1101 内線 3231		

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP, 7-114031, A (シャープ株式会社), 2. 5月. 1995 (02. 05. 95), 第2頁左欄第2行-右欄第21 行, 第3頁右欄第26行-第4頁左欄第15行, (ファミリーな し)	1-9, 11-13, 16-18, 35-37, 46-49, 64-66, 73, 75, 77-82
Y	JP, 8-76077, A, (株式会社東芝), 22. 3月. 1 996 (22. 03. 96), 第2頁左欄第2行-第41行, (フ ァミリーなし)	1-9, 11-13, 16-18, 35-37, 46-49, 64-66, 73, 75, 77-82
Y	JP, 5-173196, A (日本電信電話株式会社), 13. 7月. 1993 (13. 07. 93), 第2頁左欄第2行-右欄第 4行, (ファミリーなし)	1-9, 11-13, 16-18, 34-37, 45-49, 63-66, 71-73, 75, 77- 82
P, Y	JP, 9-324259, A (松下電器産業株式会社), 16. 12月. 1997 (16. 12. 97), 第2頁左欄第2行-第2 8行, (ファミリーなし)	1-9, 11-13, 16-18, 35-37, 46-49, 64-66, 73, 75, 77-82
P, Y	JP, 10-10306, A (松下電器産業株式会社, 16. 1 月. 1998 (16. 01. 98), 第2頁左欄第2行-第40 行, (ファミリーなし)	1-9, 11-13, 16-18, 35-37, 46-49, 64-66, 73, 75, 77-82
Y	JP, 6-281815, A (日本電信電話株式会社), 7. 1 0月. 1994 (07. 10. 94), 第2頁左欄第2行-第19 行, (ファミリーなし)	1-13, 15-19, 34-37, 45-49, 63-66, 71-73, 75, 77-82
A	JP, 3-111806, A (エヌ ベー フィリツプス フル ーイランペンファブリケン), 13. 5月. 1993 (13. 0 5. 93), &EP, 395156, A&NL, 8901077, A&CN, 1048106, A&US, 5098184, A	14-21, 83-93
A	JP, 5-346557, A (松下電器産業株式会社), 27. 12月. 1993 (27. 12. 93), (ファミリーなし)	14-21, 83-93
Y	JP, 5-107505, A (キヤノン株式会社), 30. 4 月. 1993 (30. 04. 93), 第2頁左欄第2行-第4頁左 欄第26行, (ファミリーなし)	8, 14, 19-33, 38-39, 83-93
Y	JP, 6-202094, A (セイコーエプソン株式会社), 2 2. 7月. 1994 (22. 07. 94), 第2頁左欄第2行-右 欄第6行, (ファミリーなし)	8, 14, 19-33, 38-39, 83-93
A	JP, 7-294906, A, (日本放送協会), 10. 11 月. 1995 (10. 11. 95), (ファミリーなし)	14, 19-33
Y	JP, 8-234205, A (セイコーエプソン株式会社), 1 3. 9月. 1996 (13. 09. 96), 第2頁左欄第2行-第 4頁左欄第36行, &WO, 96/20422, A&JP, 8-2 20475, A&JP, 8-304739, A&EP, 75378 0, A&TW, 293882, A	8, 14, 19-33, 38-39, 83-93
Y	JP, 9-105936, A (ソニー株式会社), 22. 4月. 1997 (22. 04. 97), 第2頁左欄第2行-第48行, (ファミリーなし)	8, 14, 19-33, 38-39, 83-93
Y	JP, 1-281426, A (セイコーエプソン株式会社), 1 3. 11月. 1989 (13. 11. 89), 第1頁左下欄第6行 -右下欄第1行, (ファミリーなし)	14, 19-33, 83 -93, 103-122

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P, 3-140920, A (松下電器産業株式会社), 14. 6月. 1991 (14. 06. 91), 第1頁左下欄第6行-第2頁左上欄第7行、(ファミリーなし)	14, 19-33, 83-93, 103-122
Y	J P, 4-251221, A (三菱電機株式会社), 7. 9月. 1992 (07. 09. 92), 第2頁左欄第2行-右欄第3行、(ファミリーなし)	14, 19-33, 83-93, 103-122
Y	J P, 9-185057, A (キャノン株式会社), 15. 7月. 1997 (15. 07. 97), 第2頁左欄第2行-右欄第26行、(ファミリーなし)	8, 14-39
Y	EP, 788006, A (TEXAS INSTRUMENTS INCORPORATED), 6. 8月. 1997 (06. 08. 97), 第4頁左欄第50行-第5頁左欄第39行、& J P, 10-10466, A	14, 19-21, 83-107, 114-122
Y	J P, 7-234316, A (大日本印刷株式会社), 5. 9月. 1995 (05. 09. 95), 第2頁左欄第2行-第3頁左欄第2行、(ファミリーなし)	10-13, 15-19, 70-82
Y	J P, 5-241103, A (日本電気株式会社), 21. 9月. 1993 (21. 09. 93), 第2頁左欄第2行-第33行、(ファミリーなし)	26-38
Y	J P, 9-146064, A (ミノルタ株式会社), 6. 6月. 1997 (06. 06. 97), 第2頁左欄第2行-第23行、(ファミリーなし)	14-39, 83-93
Y	J P, 8-292506, A (日本ビクター株式会社), 5. 1月. 1996 (05. 11. 96), 第2頁左欄第2行-第15行、(ファミリーなし)	67, 83-122
Y	J P, 9-105899, A (株式会社デンソー), 22. 4月. 1997 (22. 04. 97), 第2頁左欄第2行-右欄第6行、(ファミリーなし)	67, 83-122
Y	J P, 6-222361, A (大日本印刷株式会社), 12. 8月. 1994 (12. 08. 94), 第2頁左欄第2行-第40行、(ファミリーなし)	67, 83-122
Y	J P, 9-73014, A (大日本印刷株式会社), 18. 3月. 1997 (18. 03. 97), 第2頁左欄第2行-第3頁左欄第14行、& EP, 752600, A & J P, 9-68705, A	67, 83-122
Y	J P, 8-220656, A (シャープ株式会社), 30. 8月. 1996 (30. 08. 96), 第2頁第2行-第22行、& EP, 726681, A & J P, 8-297327, A & US, 5760850, A & J P, 9-146091, A	67, 83-122
A	US, 5161039, A (Franklin M. Schellenberg), 3. 11月. 1992 (03. 11. 92), 請求の範囲1-22, (ファミリーなし)	70-82
Y	J P, 8-234143, A (シャープ株式会社), 13. 9月. 1996 (13. 09. 96), 第2頁左欄第2行-右欄第47行、& EP, 720040, A & GB, 2296808, A & US, 5828471, A	1-9, 22-25, 103-122
P, Y	J P, 9-288844, A (旭硝子株式会社), 4. 11月. 1997 (04. 11. 97), 第2頁左欄第2行-第34行、(ファミリーなし)	1-9, 70-82
Y	J P, 5-109111, A (松下電器産業株式会社), 30. 4月. 1993 (30. 04. 93), 第2頁左欄第2行-右欄第32行、(ファミリーなし)	1-9, 70-82

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P, 9-189809, A (日本ビクター株式会社), 22. 7月. 1997 (22. 07. 97), 第2頁左欄第2行-第3頁右欄第14行, &EP, 777136, A	67, 83-122
Y	J P, 9-146092, A (株式会社日立製作所), 6. 6月. 1997 (06. 06. 97), 第2頁左欄第2行-右欄第4行, &KR, 97059780, A	1-9, 22-39
Y	J P, 9-101414, A (凸版印刷株式会社), 15. 4月. 1997 (15. 04. 97), 第2頁左欄第2行-第20行, (ファミリーなし)	83-122
Y	J P, 5-203894, A (株式会社富士通ゼネラル), 13. 8月. 1993 (13. 08. 93), 第2頁左欄第2行-第22行, (ファミリーなし)	14-39
Y	J P, 4-230733, A (トムソンシーエスエフ), 19. 8月. 1992 (19. 08. 92), 第2頁左欄第2行-第11行, &EP, 451034, A &FR, 2660448, A &US, 5134516, A &DE, 69109730, A	40-69
Y	J P, 9-203897, A (大日本印刷株式会社), 5. 8月. 1997 (05. 08. 97), 第2頁左欄第2行-第33行, (ファミリーなし)	40-69
Y	J P, 4-303822, A (矢崎総業株式会社), 27. 10月. 1992 (27. 10. 92), 第2頁左欄第2行-第18行, (ファミリーなし)	83-102
Y	J P, 8-271892, A (日東電工株式会社), 18. 10月. 1996 (18. 10. 96), 第2頁左欄第2行-第38行, (ファミリーなし)	22-39
Y	J P, 9-171157, A (中山 悟), 30. 6月. 1997 (30. 06. 97), 第2頁第2行-第25行, (ファミリーなし)	14, 19-39
Y	J P, 61-246940, A (富士通株式会社), 4. 11月. 1986 (04. 11. 86), 第1頁左下欄第5行-第14行, (ファミリーなし)	70-122
Y	J P, 5-150202, A (シャープ株式会社), 18. 6月. 1993 (18. 06. 93), 第2頁左欄第2行-第9行, (ファミリーなし)	83-122
Y	J P, 4-367836, A (松下電器産業株式会社), 21. 12月. 1992 (21. 12. 92), 第2頁左欄第2行-第27行, (ファミリーなし)	83-122
Y	J P, 9-146066, A (シャープ株式会社), 6. 6月. 1997 (06. 06. 97), 第2頁左欄第2頁第2行-第19行, (ファミリーなし)	83-122
Y	J P, 7-13475, A (日本電装株式会社), 17. 1月. 1995 (17. 01. 95), 第2頁左欄第2行-第11行, (ファミリーなし)	83-122
Y	J P, 62-212940, A (富士通株式会社), 18. 9月. 1987 (18. 09. 87), 第1頁左下欄第2行-右下欄第6行, (ファミリーなし)	70-82
Y	J P, 3-225636, A (日本電気株式会社), 4. 10月. 1991 (04. 10. 91), 第1頁左下欄第5行-第2頁左上欄第2行, (ファミリーなし)	70-82
Y	J P, 4-298837, A (日本電気株式会社), 22. 10月. 1992 (22. 10. 92), 第2頁左欄第2行-第18行, (ファミリーなし)	70-82

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P, 2-183125, A (セイコーエプソン株式会社), 1 7. 7月. 1990 (17. 07. 90), 第1頁左下欄第5行- 第9行, (ファミリーなし)	70-82
Y	J P, 6-103632, A (シャープ株式会社), 15. 4 月. 1994 (15. 04. 94), 第2頁左欄第2行-第16 行, (ファミリーなし)	70-82